

## イノベーションソサエティを活用した中部発革新的機器製造技術

### 1) 開発の取り組み内容

3Dプリンタ技術を中心とする製造技術革命は、日本、ヨーロッパ、米国それぞれの立場、技術背景のもと、大きな技術的潮流を形成しつつある。現時点では、通常の機械加工、特殊加工では実現困難な形状から得られる機能を生かした製品開発と、造形された材料の特性向上やバルク材にない機能の付加が試みられている。しかし、これら積層造形、付加加工のより大きな可能性は、発案、設計、加工、組立、調整を経て完成するものづくりの行程の内、特に加工、組立行程を短縮したものづくりが実現する可能性を有することである。しかも、日本のものづくりにおいて、この「加工、組立」行程こそが、これまで最も得意としてきた部分であり、その工程を短縮可能な革新的製造技術を他国が実用化した場合、日本国内の産業（特に機械加工等の町工場）は、急速なものづくりの構造変化に耐えられず壊滅する恐れすらある。

### ■実用化ツールの開発

#### 【技術アイデアの創出】

本研究開発では、このような危機感のもと、中部地域の大学、企業発の革新的製造技術として、マルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化のためのブレークスルー技術の基礎的研究を行うことを目的とした。本研究でのマルチ材料とは、金属材料と高分子材料（ポリマー）を対象とした。マルチスケールではマイクロメートルオーダーからセンチメートルオーダーを対象とする。これら各種金属材料と異種ポリマー材料を、マイクロメートルオーダーからセンチメートルオーダーのスケールで任意に配置、造形可能な要素技術を開発する。

この要素技術をさらに統合、発展させることで、将来的には現在の技術では実現困難な「真の機電一体（リアルメカトロニクス）」製品の創出をも可能となることが予想される。リアルメカトロニクス製品とは、例えば、骨格に相当する機械構造体、筋肉に相当するアクチュエータ、感覚器に相当するセンサ、神経回路に相当する配線、頭脳や脊髄に相当する電子回路、外皮に相当するカバーリングを、メンテナンス性を配慮しつつ、組み立てを最小限とし、シームレスに複合化することで、従来技術では実現困難な高機能、高集積なロボットなどである。

本計画では、限られた期間で中部発革新的機器製造技術の出口イメージを示すため、少量生産、高価格であっても実用化を見込める医療機器の製造技術を最終目標に、マルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化のためのブレークスルー技術の要素技術開発を行う。

具体的には、要素技術開発として、①金属－ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術の研究開発、②異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術の研究開発、③金型フリーハイブリッド板材成形技術の開発を行う。この要素技術を複合化、高度化することで、中部発革新的機器製造技術として、以下の製造技術の基礎を確立することを最終目標とする。1) 超リアル手術シミュレータ実体モデル製造技術を開発し、物理特性が限りなく実物に近い血管および周辺組織モデルや、その駆動や手術状態のモニタ等に用いるセンサを搭載した超精密心臓モデルをパーツごとに試作し、将

来的にリアル手術シミュレータ実体モデル（EVE-2）への搭載を目指す。2）ヘリカルCT等の3Dの診断データをもとに、複雑な骨折箇所を迅速的確に固定するために、Tiの金型フリー板材成形技術による即時オーダメイド体内固定用プレート製造技術を開発する。超リアル手術シミュレータ実体モデル製造技術ではリアルメカトロニクス製品製造技術の基礎的実証を、即時オーダメイド体内固定用プレート製造技術ではマルチスケールの自動化された複合加工技術を実証する。将来的には、これらの技術をさらに融合、複合化し、本研究の目指すマルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化のためのブレイクスルー技術の可能性を提示する。

#### 【研究体制の構築】

このような、加工技術のみならず材料創成から制御技術まで、広範な技術分野を統合した研究開発を行い、速やかに社会実装するためのイノベーションスタイルとして、本計画では日本機械学会が機械工学の観点から本イノベーションを進める母体として中心的な役割を果たすイノベーションソサエティとなり、これを活用する。イノベーションソサエティの概要は、日本機械学会イノベーションセンター内に学会発イノベーション推進委員会を創設し、現実世界に存在する提案時には想定しきれないニーズと、本提案のシーズおよびその関連技術、さらには潜在的な関連シーズまでも、これまでになく太く縦横に結びつける仕組みを構築する。この仕組みにより日本機械学会をイノベーションソサエティとし、戦略的にイノベーションを創造する。

#### 【研究テーマ提案（研究資金の獲得）】

マルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化のためのブレイクスルー技術の基礎的研究に向け、イノベーションソサエティを活用した中部発革新的機器製造技術をSIPに提案し、H26に採択され研究に着手した。

#### 【技術開発のマネジメント】

イノベーションソサエティの役割・目標は以下の通りである。ここでの新技術、研究開発とは、本提案の中部発革新的機器製造技術の研究開発による新技術を具体例として想定しているが、その仕組みは、他の研究開発による新技術にも適用可能なものである。すなわち、日本機械学会をイノベーションのためのポータルサイトとし、学会発のイノベーションを推進できる組織・システムを実現する。具体的には、以下に詳細を説明するシステムを実現し、SIP終了後も本計画のみならず、他のSIP参加者をはじめ広く利用可能な仕組みを提供する。

##### 1) イノベーションフォーラム

単なる研究会、集会ではなく、社会実装を指向し、幅広いプレーヤーを距離・時間を超えて議論できるシステムを開発する。既存のネット会議システム、情報共有システムを機械学会発行のアカウントで一括管理することで、低コスト、高性能のフォーラムシステムを構築する。

##### 2) 新技術ソーシャルネットワークシステム（SNS）

研究開発の成果の体系化、規格化、標準化を、研究開発とほぼ平行して進められるように、分散型バージョン管理システムなどを参考に開発成果を広く普及させる仕組みを開発・導入する。

##### 3) イノベーションカンファレンス

単なる成果発表の場としてだけではなく、予期しない発見ができる場を提供する。具体的には、ランプセッション、ライトニングトークなど議論、交流の促進を中心とした会議方法とその開催システムを開発する。本システムを用いて、革新的設計製造技術に関する国際会議を開催する。

この日本機械学会の新しい姿であるイノベーションソサエティの仕組みを活用し、地域の強みを生かした革新的製造技術による革新的機器の実現とその社会実装を円滑に進める。

## 【技術開発】

### ①金属 - ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術の研究開発

H28年度までは、立体構造に実装可能なセンサおよびその配線を実現するための製造技術として、マイクロからミリメートルオーダーの寸法領域において、金属とポリマーをそれぞれ任意の場所に積層造形可能な技術を開発した。レーザ還元直接描画法を用いて、温度センサを試作し、更に、血管モデルと組み合わせ、絶対温度計測を行った。レーザ還元直接描画法を応用し、Cu とポリマーの 2D 単層造形を積層化することにより、絶対温度センサを手術シミュレーション用血管モデル等立体構造上に作製した。手術シミュレーション用血管モデルは、異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術を用いて作製し、金属や簡易絶縁部分は本実施項目で開発したレーザ還元直接描画法を応用した。

H29年度からは、レーザ還元直接描画法を応用し、迷走電流再現用 Cu 配線を付与した心臓モデルを作製する。手術シミュレーション用心臓モデルの任意箇所に迷走電流再現用 Cu 配線とそれをシールするポリマーを描画形成するための技術を開発し、迷走電流を再現した心臓モデルを作製する。温度センサや迷走電流を再現した心臓モデルを用い、手術シミュレータユーザーへの試用結果をもとに、シミュレータの問題点を明確化し、その改良を行う。

### ②異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術の研究開発

H28年度までは、生体内に3次元的に配置されている物理特性の異なる組織を再現する異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術を開発した。ディップコーティング方式、インクジェット方式、光造形方式を用いた造形法について検討を行い、成分の配合調整により物理特性の調整および計測機能を付与した材料を3次元的に造形するシステム（造形範囲：50 mm×50 mm×50 mm以上）を用いて、加工性能、適用可能材料、等の評価を行なった。造形対象は、手術シミュレータとして需要のあるカテーテルアブレーション手術を対象として、最大到達温度の履歴を保持可能な腎動脈モデルとした。インクジェット方式のワックス積層造形システムを用いて腎動脈モデルの型を作製し、不可逆性の感温性顔料と混合したシリコーン樹脂をディップコーティング法により目的の厚さに積層後、ワックス型を除去することで、最大到達温度の履歴を保持可能な腎動脈モデルを作製した。腎動脈モデルの最大到達温度分布の評価は、感温性顔料の色情報をCCDカメラにより取得し、その色差情報と温度の校正結果に基づいて行う。温度解析のための画像処理方法について検討を行い、計測可能範囲、計測誤差を評価した。結果、60℃から100℃の範囲において、最大誤差+2.4℃/-1.6℃での最大到達温度分布の計測を実現した。また、作製した腎

動脈モデル上にレーザ還元直接描画法により絶対温度センサを作製可能なことを確認した。

H29 年度からは、より実物に近い特性のモデルを実現するため、ハイドロゲル材料としてポリエチレングリコールジアクリレートや、水系ポリウレタン等の多様な材料を用いた造形の検討および評価を行う。心房細胞のカテーテルアブレーション治療のシミュレーションを対象として、ヤング率、熱伝導率、電気インピーダンス等の特性を模擬し計測機能を有する、心臓の部分モデルを作製する。また、金属-ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術との造形技術の複合化を検討する。さらに、企業、大学、公的研究機関との共同研究などを通して、アブレーションカテーテル等の手術器具開発における定量的性能評価など EVE-2 への応用以外の応用分野を開拓する。

### ③超リアル手術シミュレータ実体モデルパーツの開発

H28 年度までは、血管ならびに心臓モデルの 3 次元加工に使用する形状データを生体の CT/MRI 情報に基づき生成し、医師の評価に基づき、手術シミュレータとして好適な形状を得るべく同形状データの製錬を行った。手術シミュレーションの対象となる疾患（血栓、石灰化狭窄等）についても同じく形状データを複数準備した。心電同期撮影法（CT）により複数のフェーズ（拡張期、収縮期等）で撮影されたデータ等をもとに、心臓の 3 次元的な動きに関する形状データを取得し、心臓モデルの駆動のための基礎データを準備した。

血管ならびに心臓の物理特性分布をマルチ材料積層造形により再現するべく、その基礎データとして各生体組織（心筋屋大学でのマルチ材料積層造形に使用する基本材料の物性値を併せて計測し、両者を比較することによって、各組織を実現するための基本材料の配合比率等に関する知見を得た。医師の評価に基づき、手術シミュレーションに好適となるように材料物性の調整を行った。医師と共同で、得られたモデルを使用した手術シミュレーション（血管吻合、クリッピング、カテーテル等）を実施し、同目的に好適となるように形状・物性・加工法の修正を行った。本事業により得られる上記の血管ならびに心臓モデルを手術シミュレータ（超精密人体シミュレータ EVE-2）としてシステム化するべく、その筐体構造の設計と試作を実施し、また血管や心臓を相互接続するコネクタ等の補助構造や、環流形成等に必要となるポンプやそれに付随する電気電子回路等についても設計試作を実施した。

上記の試験的実体化により得られた血管モデルを本筐体内に設置し、医師と共同で手術シミュレーションを実施し、同目的に好適となるように総合的に改良を行う。名古屋大学により実現される基盤技術（マルチ材料積層造形技術に基づく絶対温度センサ、ならびに内部温度場計測モデル）ならびに福井大学により実現される基盤技術（金属板のインクリメンタルフォーミング）に基づいて、機能性を有する小型（50 mm 立方程度）の血管モジュールとして統合し、EVE 2 への導入と医療機関等への試験提供に基づくデータ収集を行った。また、小型かつ液密性に優れた流体継手（コネクタ）の実現や、上記絶対温度センサにより得られる電気信号を確実に外部へ伝達するための小型かつ気密性に優れた電气的コネクタを血管モジュールに一体形成するための要素技術を開発し、サンプル作成を通じて外部の医療機関等へ提供しデータ収集と改善を行った。

H29 年度からは、名古屋大学により実現される基盤技術（迷走電流再現モデル、ならびに異種ポリマーからなる高機能モデル）ならびに福井大学により実現される基盤技術（樹脂版およびミニチュアインクリメンタルフォーミング）に基づいて、機能性を有する中型（100 mm 立方程度）の臓器

モジュールを構築・統合し、EVE 2 の中間プロトタイプを試作するとともに、医療機関等への試験提供に基づくデータ収集を行う。名古屋大学ならびに福井大学における基盤技術開発に必要とされる各種のデータ（CT/MR データ等の構造に関するデータや物性・動特性に関するデータなど）を必要に応じて外部機関から収集し、提供する。また医療常用の有用性を向上させるための要望を医療現場（医療機関や医療機器メーカーなど）から収集し、本研究グループ内部に積極的に提供し、有用性向上に貢献する。

#### ④金型フリーハイブリッド板材成形技術の開発

H28 年度までは、まず現有設備を使用し板厚 0.5-0.8 mm の Al 合金、Mg 合金および板厚 0.3 mm の純 Ti のインクリメンタルフォーミング技術を開発した。その後、さらに大きな板厚の板材の成形を行うため、現有設備では出力不足となるため新規に加工機を購入し、Al 合金板および Mg 合金板は板厚 1.0 mm、純 Ti 板は板厚 0.5 mm を加工するインクリメンタルフォーミング技術を開発した。

インクリメンタルフォーミング技術をグループ内におけるサイズ面でもシームレスな技術にするために、20 mm×20 mm×0.2 mm 以下の寸法の純チタン、ステンレスの箔材のインクリメンタルフォーミング技術を開発した。成形精度は 0.1 mm となるような加工技術を開発、本インクリメンタルフォーミングの成形精度は平成 27 年度までの成果で 0.5 mm 以下に抑えることが可能となったが、医療応用や名古屋大学での各要素技術と複合化する際には、まだ不十分であるため、インクリメンタルフォーミング法で成形した後に切削加工により仕上げて成形精度を 0.1 mm 以下とするような複合加工法を開発した。また、新規にデジタル画像相関法を利用したひずみ、形状同時測定機を導入し、3D 形状と面内のひずみ分布を数分で計測する技術を開発した。加工を 1 回で行うのではなく複数回に分けて加工するように変更し、加工終了毎にオンマシンで成形形状及びひずみ分布を測定し、その結果をフィードバックし次回の加工条件に反映させることにより成形精度を向上する技術を開発した。

H29 年度からは、名古屋大学およびファイン・バイオメディカル有限会社が使用している樹脂材料の成形に本インクリメンタルフォーミング技術を適用し、グループ内で使用する材料のシームレスな加工技術の開発を行う。具体的には、超精密人体シミュレータ EVE-2 の血管モデルや心臓モデルの保持部材、やポリマーで実現不能な高剛性周辺組織（骨、気管等）の複雑形状パーツを実現するため、100 mm×100 mm×2 mm 以上の樹脂板の成形を行う。また、引き続きミニチュアインクリメンタルフォーミング技術の開発を行う。10 mm×10 mm×0.2 mm 以下の寸法のステンレスの箔材のインクリメンタルフォーミング技術を開発する。成形精度は 0.1 mm となるような加工技術を開発する。本技術を超精密人体シミュレータ EVE-2 の心臓モデルに実装する複合温度センサ部材（マルチ材料積層造形技術に基づく絶対温度センサ、ならびに内部温度場計測モデル）や血管モデルのコネクタ部材に適用する。また、開発したインクリメンタルフォーミング技術を適用して、ファイン・バイオメディカル有限会社の施術シミュレータ EVE の評価用部品を製作する。

#### ⑤イノベーションソサエティの構築

H28 年度までは、日本機械学会を通じた様々な革新的設計製造技術に関する潜在的なシーズ・ニーズ発掘や、多様なプレーヤーを巻き込むための仕組み、活動方針、研究開発への効果最大化を検討

する学会内組織の立ち上げを実施した。具体的には、日本機械学会イノベーションセンター内に学会発イノベーション推進委員会を創設し、学会発イノベーション推進委員会の規約、メンバー構成、行動計画を作成し、実施した。

イノベーションフォーラムシステムとして、多様なプレーヤーを日本機械学会のもと、距離・時間を超えて議論できるシステムの構築を目指し、Web 会議システム、文字チャット機能、録音録画機能、アプリケーション共有等のシステムを念頭に、日本機械学会への実装を検討し、プロトタイプシステムを完成させ、トライアル範囲を順次拡大し、使いやすさなどの要望を吸い上げ、様々な革新的設計製造技術に関する潜在的なシーズ・ニーズ発掘や、多様なプレーヤーを巻き込むために有用なシステムとして、評価と改良を行った。また、デライトものづくりシステム/プラットフォームにおける開発者（メーカ）とユーザ、興味をもった第三者（新しい開発者やユーザになる可能性を有する者）をつなぐ、ネットワークの基幹となる IT システムの構築を行った。

H29 年度からは、イノベーションフォーラムシステムのプロトタイプトライアル範囲を、日本機械学会をポータルサイトとして、社会的開放を指向したシステムのグローバル化に着手する。また、内閣府、NEDO からの要請を受けて開発したデライトものづくり SNS を、その後の機能強化や検討を元に、デライトものづくり AI ネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA: PLAtform of NETwork by Artificial Intelligence for Delight Art) として改良するとともに、試験的に一般公開を開始する。

#### 【技術の検証方法の決定】

手術シミュレータなど、生体を対象とした技術開発には必ず医師（藤田保健衛生大学等）や医療機器開発メーカ（J&J 社、メドトロニック社等）の評価を取り入れ、専門家による検証と評価結果にもとづく改善を常に実施した。イノベーションソサエティの各種システム（(PLANET AIDeA 等）の開発においては、プロトタイプをいち早く公開し、試験運用による広い意見聴取を行い、システムの改善に役立てた。

#### 【技術検証】

- ・ [血管ならびに心臓 3 次元形状データ作成]

生体の CT/MRI 情報に基づき作成。医師の評価に基づき、手術シミュレータとして好適な形状を得るべく同形状データの精錬を行った。

- ・ [血管の試験的実体化]

開発した要素技術を血管もモデルに適用し、医師と共同で、得られたモデルを使用した手術シミュレーション（血管吻合、クリッピング、カテーテル等）を実施し、同目的に好適となるように形状・物性・加工法の修正を行った。

- ・ [血管ならびに心臓モデルのための超精密人体シミュレータ EVE-2 の構造試作]

試験的実体化により得られた血管モデルを本筐体内に設置し、医師と共同で手術シミュレーションを実施し、同目的に好適となるように総合的に改良を行う。

- ・ [イノベーションフォーラムシステム]

イノベーションカンファレンス (iJSME) でのバーチャルプレゼンテーション、講演配信を行い、課

題を抽出、システム改善を行う。また、2017年度から日本機械学会 HP で試験公開し、ユーザの声を集め改良を行う。

・ [イノベーションカンファレンスシステム]

イノベーションカンファレンス (iJSME) を通して、システムの機能強化、改良を行い、2017年度からは日本機械学会機械材料・材料加工部門でのテストユースを通してさらなる改良を行う。

・ [デライトものづくり AI ネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA)]

試験的に一般公開を開始し、研究者、開発者（メーカ）と、ユーザ、興味をもった第三者（新しい開発者やユーザになる可能性を有する者）をつなぐ試行を実施した。

【知的財産の確保】

＜日本機械学会＞（該当案件なし）

＜国立大学法人名古屋大学＞SIP 期間中に、金属 - ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術および異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術に関して 3 件を出願。

＜国立大学法人福井大学＞SIP 期間前に、金型フリーハイブリッド板材成形技術に関して 1 件を出願。さらに SIP 期間中に、樹脂材料のインクリメンタルフォーミング法に関して 1 件を出願予定。

【技術のツール化（装置、ソフト、ノウハウ）】

- ・ [金属 - ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術] 革新的機器製造技術として超リアル手術シミュレータ実体モデルである EVE 2 に集約し 2019 年の市販モデル製品化を目指す。
- ・ [異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術] 革新的機器製造技術として超リアル手術シミュレータ実体モデルである EVE 2 に集約し 2019 年の市販モデル製品化を目指す。
- ・ [金型フリーハイブリッド板材成形技術、デジタル画像関連法] 革新的機器製造技術として超リアル手術シミュレータ実体モデルである EVE 2 に集約し 2019 年の市販モデル製品化を目指す。
- ・ [超リアル手術シミュレータ実体モデルパーツ EVE2] 2019 年の市販モデル製品化を目指す。
- ・ [デライトものづくり AI ネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA)] テクノポート株式会社のサーバ内に設置。開発後は、機械学会等のサーバに移植可能とする。SIP での開発分については使用権を永続的に名古屋大学（または機械学会）が所有し、メンテナンスはテクノポート社が無償で行う。独自サーバにて 2017 年より公開中。機械学会での講演会 (iJSME 等) を通して宣伝、普及させる。

■ 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）】

SIP 革新的生産・設計技術で開発した要素技術は、上記超リアル手術シミュレータ実体モデルパーツ EVE 2 に集約し、EVE 2 市販モデル製品化 2 を 2019 年度に計画。デライトものづくり AI ネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA) をはじめとするイノベーションソサエティの各システムは、日本機械学会等のサーバに移植可能としつつ、当面のメンテナンス等をテクノポート株式会社が担当することになっている。

### 【コンソーシアムの運営】

コンソーシアムではないが、日本機械学会イノベーションセンター内に学会発イノベーション推進委員会を創設し、日本機械学会機械材料・材料加工部門を中心に各部門と連携している。

### 【ベンチャー設立】

—

### 【ツール販売】

EVE 2 市販モデル製品化を 2019 年度に計画中。

### 【ツールオープン利用】

- ・ [金属 - ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術] 手術シミュレーション用心臓モデル等立体構造に絶対温度センサや迷走電流を再現した配線を作製、開発した装置の小形化、廉価化、簡略化等を進め、プロトタイプ装置の製作及び市販化を目指す。
- ・ 異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術] 手術シミュレーション用心臓モデル等に温度場の 3 次元計測センサ (温度測定機能 60~90 °C、精度: ±2 °C) を作製、開発した装置の小形化、廉価化、簡略化等を進め、プロトタイプ装置の製作及び市販化を目指す。
- ・ [金型フリーハイブリッド板材成形技術、デジタル画像関連法] 手術シミュレーション用心臓モデルのステンレス製 X 線不透過マーカー、アクリル製のモデル保持用の心臓ベース板を作製、開発した装置の小形化、廉価化、簡略化等を進め、プロトタイプ装置の製作及び市販化を目指す。
- ・ [超リアル手術シミュレータ実体モデルパーツ EVE2] 2019 年の市販モデル製品化を目指す。
- ・ [イノベーションフォーラムシステム] 2017 年度より機械学会 HP にて試験公開中。2020 年に一部サービスを有料化し、継続的に実施予定。
- ・ [イノベーションカンファレンスシステム] 2017 年度より日本機械学会内で無料試用中、2019 年にインターグループ社から一部を有料化し、継続的に実施予定。
- ・ [ダイトものづくり AI ネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA) ] テクノポート株式会社のサーバ内に設置。開発後は、機械学会等のサーバに移植可能とする。SIP での開発分については使用権を永続的に名古屋大学 (または機械学会) が所有し、メンテナンスはテクノポート社が無償で行う。独自サーバにて 2017 年より公開中。機械学会での講演会 (iJSME 等) を通して宣伝、普及させる。

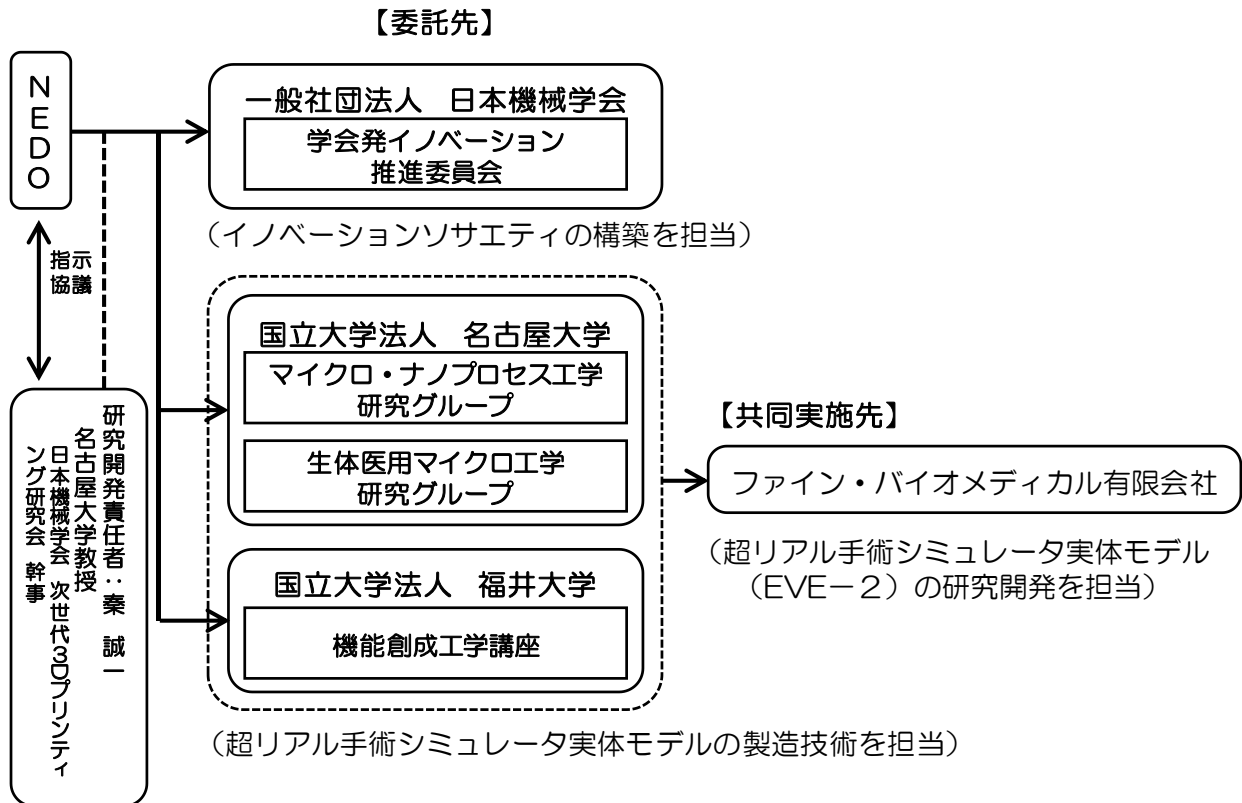
### 【技術の PR】

日本機械学会イノベーション講演会 (iJSME2017、10/7~8 名古屋大学) にて、本 SIP での取り組みや PLANET AIDeA の仕組み、使い方を紹介。PLANET AIDeA については、利用規約が完成次第、プレス発表予定

## 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

- ・中部地域の大学、企業発の革新的製造技術として、マルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化のためのブレイクスルー技術の基礎的研究を行うことに着目したこと。マルチ材料として、金属材料と高分子材料（ポリマー）の複合を対象と選んだことで、必然的に手術シミュレータ等のライフサイエンス分野がターゲットとなった。このライフサイエンスをターゲットとすることは、SIP 開始後に本革新的設計・生産技術全体が目指す分野の先駆けとなった。
- ・手術シミュレータなど、生体を対象とした技術開発に、必ず医師の評価を取り入れ、専門家による検証と評価結果にもとづく改善を常に実施したこと。各要素技術開発を並行して進め、最終的にリアルな手術シミュレータ実体モデル（EVE2）の製品化という明確な目標を設定したこと。
- ・ツール/技術の開発者、利用者それぞれが、一つの窓口を通じてネットワーク連携するためのネットワークプラットフォーム開発をテーマの一つに選んだこと。さらに、日本機械学会という当該分野のメジャーな学会をその活用場とすることによって、我が国の当該分野の主要研究者の多くを、情報共有の範囲に収めることができたこと。

### 5) 場・仕組みからのFB

各グループで開発した技術のフィードバックとしては、開発した技術を手術シミュレータ実体モデル（EVE2）の試作品に集約し、共同実施先のファイン・バイオメディカル社を通して、医療機器開発メーカー技術者、医師からのフィードバックを受け、開発技術の改良を行っている。具体的には、フィー

ドバックにより造形範囲の拡大や、接触時の触感、着色による視認度の向上などを行っている。また、より広い応用を目指したフィードバックとしては、PLANET AIDeA を活用し、開発した要素技術を広く一般公開し、研究者、開発者の予測していない応用先を含めてフィードバックする。

(別紙) 開発のタイムライン

イノベーションソサエティを活用した中部発革新的機器製造技術

役割(アクション)	実施(予定)時期	開発のタイムライン																									
		～H25				H26 (2014)				H27 (2015)				H28 (2016)				H29 (2017)				H30 (2018)				H31～ (将来の見込)	
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q		
技術アイデアの創出	本研究代表者は、H23から日本機械学会機械材料・材料加工部門において、次世代3Dプリンティング研究会など各種会合にて、これらの3D成形技術では、マルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化のためのブレークスルー技術が重要であるとの認識を深め、それぞれの有する基礎技術、要素技術を検討し、本技術アイデアの創出を行った。 また、マルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化を体現する応用先として、本研究開発グループメンバーの一部が、その創出に係ったフィン・バイオメディカル社の手術シミュレータ実体モデル (EVE) を選定した、さらにこのような材料技術から加工、センシング技術まで多様な技術開発とその応用先について、広く議論、協力できる場として日本機械学会の協力を得た。	<p>～H25</p> <p>★ 各要素技術のアイデア創出 (～H23)</p> <p>★ 基礎技術開発成功 (H25)</p> <p>次世代3Dプリンティング研究会での潜在ニーズ調査</p> <p>金属材料と高分子材料(ポリマー)を対象とした複合化の重要性を認識</p> <p>金属材料と高分子材料(ポリマー)を対象とした複合化技術の開発：ブラッシュアップ</p> <p>日本機械学会をイノベーションソサエティとするための仕組みとツールとしての各システムの開発、運用</p> <p>技術のSNS等の概念から、AIを活用した技術マッチングシステムへの展開</p>												「真の機電一体 (リアルメカトロニクス) 製品の創出」 「イノベーションソサエティ」の実現 デライトものづくりAIネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA) の実現													
研究体制の構築	本研究開発のように、加工技術のみならず材料創成から制御技術まで、広範な技術分野を統合した研究開発を行い、速やかに社会実装するためのイノベーションスタイルとして、本計画では日本機械学会が機械工学の観点から本イノベーションを進める母体として中心的な役割を果たすイノベーションソサエティとなり、これを活用する。イノベーションソサエティの概要は、日本機械学会イノベーションセンター内に学会発イノベーション推進委員会を創設し、現実世界に存在する提案時には想定しきれないニーズと、本提案のニーズおよびその関連技術、さらには潜在的な関連シーズまでも、これまでになく太く縦横に結びつける仕組みを構築する。この仕組みにより日本機械学会をイノベーションソサエティとし、戦略的にイノベーションを創造する。	<p>★ 技術開発体制構築</p> <p>★ 実用化、展開に向けた体制整備</p> <p>イノベーションソサエティの仕組みを利用したニーズシーズの出会いの場を提供</p>												以下のイノベーションソサエティの取組みの持続的運用 ・イノベーションフォーラムシステムとしてのWeb会議システム ・イノベーションカンファレンスとしてのJSME AIを活用した技術マッチングシステムであるデライトものづくりAIネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA) の実現													
研究テーマ提案 (研究資金の獲得)	マルチスケール、マルチ材料でシームレスな複合化のためのブレークスルー技術の基礎的研究に向け、イノベーションソサエティを活用した中部発革新的機器製造技術をSIPに提案し、H26に採択され研究に着手した。	<p>★ SIP認可</p>																									
技術開発のマネジメント	本研究開発では、日本機械学会をイノベーションのためのポータルサイト (イノベーションソサエティ) とし、学会発のイノベーションを推進できる組織・システムを実現する。この日本機械学会の新しい姿であるイノベーションソサエティの仕組みを活用し、地域の強みを生かした革新的製造技術による革新的機器の実現とその社会実装を円滑に進める。	<p>★ 産学融合の取り組み</p> <p>★ 学会発イノベーション推進委員会創設</p> <p>★ イノベーションカンファレンスシステムの開発</p> <p>★ イノベーションフォーラムシステムの開発</p> <p>★ PLANET AIDeAの開発</p>																									
技術開発	(省略)	<p>★ 金属・ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術アイデア創出 基礎技術 (H24) (H25)</p> <p>★ 異種ポリマー材料積層造形技術アイデア創出 基礎技術 (H23) (H25)</p> <p>★ 超リアル手術シミュレータ実体モデルの開発</p> <p>★ アイデア創出 基礎技術 (H25) (H28)</p> <p>★ 金型リアルプリント板形成技術</p> <p>★ アイデア創出 基礎技術 (H25)</p> <p>★ イノベーションソサエティ構築</p> <p>★ アイデア創出 基礎技術 (H24) (H29)</p>												<p>金属・ポリマー任意積層法の開発(平面)</p> <p>任意曲面への積層造形</p> <p>異種ポリマー材料のマルチスケール積層造形法の研究開発</p> <p>血管・心臓モデルのデータ取得</p> <p>血管・心臓モデルの試作、システム化</p> <p>超リアル心臓モデル(部分)の開発</p> <p>インクジェットレーザー加工技術の開発</p> <p>ミニチュアインクジェットレーザー加工技術</p> <p>イノベーションカンファレンスシステム</p> <p>イノベーションフォーラムシステム開発</p> <p>デライトものづくりAIネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA) の開発</p> <p>JSME2016開催</p> <p>JSME2017開催</p> <p>JSME2018開催</p>													
技術の検証方法の決定	手術シミュレータなど、生体を対象とした技術開発には必ず医師 (藤田保健衛生大学等) や医療機器開発メーカー (J&J社、メドトロニック社等) の評価を取り入れ、専門家による検証と評価結果をもとに改善を常に実施した。イノベーションソサエティの各種システム (PLANET AIDeA等) の開発においては、プロトタイプをいち早く公開し、試験運用による広い意見聴取を行い、システムの改善に役立てた。	<p>★ 藤田保健衛生大学等との定期的な意見交換、評価実験</p> <p>★ イノベーションカンファレンスシステム試験運用開始と改良</p> <p>★ イノベーションフォーラムシステム試験運用開始と改良</p> <p>★ PLANET AIDeA試験運用開始と改良</p>																									
技術検証	<p>・【血管ならびに心臓3次元形状データ作成】 生体のCT/MRI情報に基づき作成。医師の評価に基づき、手術シミュレータとして好適な形状を得るべく同形状データの精練を行った。</p> <p>・【血管の試験的実体化】 開発した要素技術を血管モデルに適用し、医師と共同で、得られたモデルを使用した手術シミュレーション (血管吻合、クランプ、カテーテル等) を実施し、同様に好適となるように形状・物性・加工法の修正を行った。</p> <p>・【血管ならびに心臓モデルのための超精密人体シミュレータEVE-2の構築試作】 試験的実体化により得られた血管モデルを本体内に設置し、医師と共同で手術シミュレーションを実施し、同様に好適となるように総合的に改良を行う。</p> <p>・【イノベーションフォーラムシステム】 イノベーションカンファレンス (JSME) でのバーチャルプレゼンテーション、講演配信を行い、課題を抽出、システム改善を行う。また、2017年度から日本機械学会HPで試験公開し、ユーザーの声を収集改良を行う。</p> <p>・【イノベーションカンファレンスシステム】 イノベーションカンファレンス (JSME) を通じて、システムの機能強化、改良を行い、2017年度からは日本機械学会でのテストケースを通してさらなる改良を行う。</p> <p>・【デライトものづくりAIネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA)】 試験的に一般公開を開始し、研究者、開発者 (メーカー) と、ユーザー、興味をもった第三者 (新しい開発者やユーザーになる可能性を有する者) をつなぐ試行を実施した。</p>	<p>【血管ならびに心臓3次元形状データ作成】</p> <p>【金属・ポリマーリアルマルチ材料積層造形】目標ピッチ20μm、成形領域2×2×0.3mm 目標達成</p> <p>【内部温度場計測可能な血管モデルの試作】温度測定機能 40～60℃、精度: ±2℃ 目標達成</p> <p>【異種ポリマー材料のマルチスケール積層造形法】成形精度の向上、適用材料の多様化、成形範囲50mm立方、造形精度50μm、弾性率100k-1GPa 目標達成</p> <p>超リアル心臓モデルの要素開発 / 超リアル心臓モデル(部分)の開発</p> <p>J&amp;J社による評価、メドトロニック社による評価</p> <p>金型リアルプリント板形成技術 目標板厚1mm、寸法100mm×100mm、精度0.5mm 目標達成</p> <p>ミニチュアおよび樹脂板インクジェットレーザー加工の開発</p> <p>イノベーションフォーラムシステムの検証</p> <p>イノベーションカンファレンスシステムの検証</p> <p>JSME2015での検証</p> <p>JSME2016での検証</p> <p>JSME2017機械学会での検証</p> <p>JSME2018機械学会での最終検証</p> <p>PLANET AIDeA試験運用開始と改良</p> <p>イノベーションカンファレンスでの紹介</p>												<p>迷走神経モデルへの適用、造形範囲の拡大</p> <p>触覚の改良</p>													

知的財産の確保	<p>【日本機械学会】(該当案件なし)</p> <p>【国立大学法人名古屋大学】SIP期間中に、金属・ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術および異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術に関して3件を出願。</p> <p>【国立大学法人福井大学】SIP期間前に、金型フリーハイブリッド板材成形技術に関して1件を出願。さらにSIP期間中に、樹脂材料のインクジェットフォージング法に関して1件を出願予定。</p>	★ 基本特許 出願(H22)		★ 基本特許 出願(H26)	★ 基本特許 出願(H28)		★ 製造方法特許 出願(H29)								
技術のツール化(装置、ソフト、ノウハウ)	<p>・【金属・ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術】</p> <p>・【異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術】</p> <p>・【金型フリーハイブリッド板材成形技術、デジタル画像相関法】</p> <p>上記3つ技術は、革新的機器製造技術として超リアル手術シミュレータ実体モデルであるEVE2に集約し2019年の市販モデル製品化を目指す。</p> <p>・【超リアル手術シミュレータ実体モデルバースEVE2】</p> <p>2019年の市販モデル製品化を目指す。</p> <p>・【デイトものづくりAIネットワークプラットフォーム(PLANET AIDeA)】</p> <p>テクノポート株式会社のサーバ内に設置。開発後は、機械学会等のサーバに移植可能とする。SIPでの開発分については使用権を系統的に名古屋大学(または機械学会)が所有し、メンテナンスはテクノポート社が無償で行う。独自サーバにて2017年より公開中。機械学会での講演会(IJSME等)を通して宣伝、普及させる。</p>			★ 各プロトタイプ設置	★ 血管モデル プロトタイプ公開	★ 心臓モデル プロトタイプ公開	★ 各スロット装置の外部利用共用設備化	★ EVE2市販 モデル販売							
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)	<p>SIP革新的生産・設計技術で開発した要素技術は、上記超リアル手術シミュレータ実体モデルバースEVE2に集約し、EVE2市販モデル製品化2を2019年度に計画</p> <p>中。</p> <p>デイトものづくりAIネットワークプラットフォーム(PLANET AIDeA)をはじめとするイノベーションノサエティの各システムは、日本機械学会等のサーバに移植可能としつつ、当面のメンテナンス等テクノポート株式会社が担当することになっている。</p>	★ 出口戦略 検討開始				★ 心臓モデル プロトタイプ公開	★ 各プロト装置の外部利用共用設備化	★ EVE2市販 モデル販売							
コンソーシアムの運営	<p>コンソーシアムではないが、日本機械学会イノベーションセンター内に学会発イノベーション推進委員会を創設し、日本機械学会機械材料・材料加工部門を中心に各部門と連携している。</p>	★ アイデア創出 (H24)	★ 日本機械学会準備 委員会イノベーション 推進委員会創設		ベンチャー設立	-		ツール販売	EVE2市販モデル製品化を2019年度に計画			★ サンプル 提供開始	★ 心臓モデル プロトタイプ公開	★ EVE2市販 モデル販売	★ CAMソフト市販
出口戦略	<p>・【金属・ポリマーリアルマルチ材料積層造形技術】手術シミュレーション用心臓モデル等立体構造に絶対温度センサや迷走電流を再現した配線を作製、開発した装置の小形化、廉価化、簡略化を進め、プロトタイプ装置の製作及び市販化を目指す。</p> <p>・【異種ポリマー材料のマルチスケール・マルチ材料積層造形技術】手術シミュレーション用心臓モデル等に温度場の3次元計測センサを作製、開発した装置の小形化、廉価化、簡略化等を進め、プロトタイプ装置の製作及び市販化を目指す。</p> <p>・【金型フリーハイブリッド板材成形技術、デジタル画像相関法】手術シミュレーション用心臓モデルのステンレス製X線不透過マーカー、アクリル製のモデル保持用の心臓ベース板を作製、開発した装置の小形化、廉価化、簡略化等を進め、プロトタイプ装置の製作及び市販化を目指す。</p> <p>・【超リアル手術シミュレータ実体モデルバースEVE2】2019年の市販モデル製品化を目指す。</p> <p>・【イノベーションフォーラムシステム】2017年度より機械学会HPにて試験公開中。2020年に一部サービスを有料化し、継続的に実施予定。</p> <p>・【イノベーションカンファレンスシステム】2017年度より日本機械学会内で無料試用中、2019年にインターグループ社から一部を有料化し販売、継続的に実施予定。</p> <p>・【デイトものづくりAIネットワークプラットフォーム(PLANET AIDeA)】テクノポート株式会社のサーバ内に設置。開発後は、機械学会等のサーバに移植可能とする。SIPでの開発分については使用権を系統的に名古屋大学(または機械学会)が所有し、メンテナンスはテクノポート社が無償で行う。独自サーバにて2017年より公開中。機械学会での講演会(IJSME等)を通して宣伝、普及させる。</p>	★ 装置設置	★ 装置設置	★ 金型フリーハイブリッド板材成形技術、デジタル画像相関法のソフトのオープン利用	★ 血管モデル プロトタイプ公開	★ 心臓モデル プロトタイプ公開	★ レーザ直接還元描画装置オープン利用	★ EVE2市販 モデル販売							
ツールオープン利用	<p>イノベーションフォーラムシステム</p> <p>イノベーションカンファレンスシステム</p>		★ iJSM2015 での検証	★ iJSM2016 での検証	★ iJSM2017 での検証	★ iJSM2018 での最終検証	★ PLANET AIDeA試験運用開始と改良	★ EVE2市販 モデル販売							
技術のPR	<p>日本機械学会イノベーション講演会(iJSM2017,10/7~8 名古屋大学)にて、本SIPでの取り組みやPLANET AIDeAの仕組み、使い方を紹介。PLANET AIDeAについては、利用規約が完成次第、プレス発表予定。</p>			★ インターネット、各種シンポジウム等での講演	★ iJSM2017 での紹介	★ iJSM2018 での紹介	★ SIP WSでの紹介	★ iJSM2018 での紹介							