

## 超 3D 造形技術プラットフォームの開発

### 1) 開発の取り組み内容

本研究は、これまで横浜国立大学で開発してきた「3次元マイクロ・ナノ光造形技術」と、光造形の応用範囲を飛躍的に拡大できる「3次元セラミックス鋳型技術」の普及と実用化をめざして、従来法の技術的課題を解決し、「超3D造形技術プラットフォーム」を構築することを目的とするものである。

### ■実用化ツールの開発

#### 【技術アイデアの創出】

横浜国立大の丸尾教授は、2光子マイクロ光造形技術について、約20年にわたり研究開発を進めている。市販の光造形装置では加工線幅が約 $10\mu\text{m}$ 以上、ドイツのNanoscribe社が市販しているマイクロ光造形装置は加工線幅が約 $0.2\mu\text{m}$ であり、医療分野等で現状望まれている $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の加工線幅、さらに $0.05\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ の加工線幅で造形可能な装置はなかった。横浜国立大では、レーザー光を変調し、集光スポットを制御することで加工線幅を制御するアイデアをすでにH25年頃から検討しており、本SIPではこれらの領域をカバー可能な造形技術及び造形装置を開発することを、一つの目標として設定し、H26年度より研究開発に着手した。

#### 【研究体制の構築】

本研究の成果である現状ニーズに対応した $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の加工線幅を持つ3D造形装置(普及型マイクロ光造形装置)を一般ユーザに広く活用いただくために、オープンイノベーション場として、普及型マイクロ光造形装置を公設試に設置することを考え、神奈川県公設試である神奈川県産業技術センター(現神奈川県立産業技術総合研究所)に、H27年度より共同実施者としてSIPに参画してもらうこととした。

(その背景については出口戦略【ツールの出口戦略の決定】の項目を参照)

#### 【研究テーマ提案(研究資金の獲得)】

<横浜国立大学>

- ・SIP公募に提案し採択(H26/9)。
- ・文部科学省の都市エリア事業「横浜内陸部エリア」(H19~H21)
- ・科学技術振興機構さきがけ(H18~H22)

#### 【技術開発のマネジメント】

横浜国立大学丸尾研究室が中心となり、横浜国立大学大学院に超3D造形技術プラットフォーム研究拠点を形成し、マネジメントを実施。

## 【技術開発】

横浜国立大では、3Dマイクロ光造形装置の一つである、現状ニーズに対応した $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の加工線幅を持つ3D造形装置（普及型マイクロ光造形装置）を開発した。普及型装置のほか、より微細な加工が可能な超高速3Dナノ造形装置や、造形時の段差やサポートを低減可能な全方位型造形システムなどの装置、更には非樹脂材料、例えばファインセラミックや生体細胞などによる3D構造体を形成するための3D鋳型技術を開発しており、H28年度にはプロトが完成した。H27年度からは開発技術を血管モデルや細胞培養用のバイオセラミックス部品など再生医療デバイスを対象として適用を行い、生体適合性も含めた検証を実施している。H29年度以降は、ナノ造形で得られた知見を活用し、普及型マイクロ光造形装置の高精度化、高分解能化を図る取り組みにも着手している。

また、SIPプロジェクト内での連携として、京都大学 西脇教授が進めているトポロジー最適化と超3D造形の融合をH28年度に進めた。ここでは、トポロジー最適化された複雑で微細なマイクロピンセットを設計し、実際にマイクロピンセットを3D造形にて試作して、駆動の検証までを行った。さらに、山形大学 古川教授が進めているデザインブル3D造形において、高精度造形を行う際の技術として、3Dマイクロ光造形技術を提供する予定となっている。

## 【技術検証】

横浜国立大学では、再生医療デバイスを対象としてテストユースを行い、生体適合性も含めた検証を実施している。神奈川県産業技術センター（現神奈川県立産業技術総合研究所）では、企業と連携し3Dナノインプリント鋳型、3Dセラミックス造形などで技術検証を実施している。

## 【知的財産の確保】

知財に関しては、特徴的な製造方法、製造装置を用いて作成した造形物等の出願を随時行っている。

- ・「光造形装置」 特許 出願日：2016/11/24 出願番号：2016-700007
- ・「樹脂成形体の製造方法」 特許 出願日：2015/12/16 出願番号：2015-245679

## 【技術のツール化（装置、ソフト、ノウハウ）】

<横浜国立大学>

- ・SIP成果である複数の3Dマイクロ光造形装置を有する超3D造形技術プラットフォーム拠点として、SIP後も、SIP外部含む企業・大学等からのニーズに対応する。

## ■ 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）】

本研究で開発する3Dマイクロ光造形装置の一つである、現状ニーズに対応した $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の加工線幅を持つ3D造形装置（普及型マイクロ光造形装置）を、企業で試作や評価に使ってもらうことが、SIPでめざしている高付加価値製品の創出には必要と考えた。なぜなら、平成19～21年度に文部科学省の都市エリア事業「横浜内陸部エリア」において、丸尾教授らは3D造形装置や3D形状計測装置の開発を産学連携で行ったが、当時は一般ユーザが自由に活用できる体制が構築できず、開発した技術

を広く活用していただくまでには至らなかったからである。

そのためのオープンイノベーション場として、普及型マイクロ光造形装置を公設試に設置することを考え、神奈川県公設試である神奈川県産業技術センター（現 神奈川県立産業技術総合研究所）と相談を重ね、SIP 申請時にはプロジェクトへの協力の約束を交わした。さらに、H27 年度より共同実施者として SIP に参画してもらうこととした。また、公設試に設置した装置の企業の活用、実用化ならびに技術の普及展開を目的として、講習会や講演会を実施するサポート体制として超 3D 造形ものづくりネットワークという団体を H27/6 に立ち上げた。また、SIP プロジェクト開始直後の H27 年度から普及型装置を実用化してくれる企業の探索、実用機の仕様策定にも取り組むこととした。

#### 【コンソーシアムの運営】

<横浜国立大学>

公設試に設置した装置の企業の活用、実用化ならびに技術の普及展開を目的として、講習会や講演会を実施するサポート体制として超 3D 造形ものづくりネットワークという団体を H27/6 に立ち上げた。超 3D 造形ものづくりネットワークは、SIP 終了後も継続の方向で検討中である。

#### 【ベンチャー設立】

—

#### 【ツール販売】

<横浜国立大学>

具体的な装置販売は検討中の段階であるが、SIP プロジェクト開始直後の H27 年度から普及型装置を実用化してくれる企業の探索、実用機の仕様策定にも取り組み、SIP 終了後にも企業や大学などが広く利用できる体制を維持・継続するための準備を行っている。

#### 【ツールオープン利用】

H27/10 に、普及型マイクロ光造形装置の開発が完了し、神奈川県産業技術センターに設置した。ものづくりネットワークに参加している企業でのテストユースとして、3D ナノインプリント鋳型、3D セラミックス造形などが進められている。より高精細な精度が必要な場合には、横浜国立大の装置でテストユースも実施している。また、神奈川県立産業技術総合研究所では、SIP で開発した普及型マイクロ光造形装置を含むもの作り関連の装置を集約して、広く一般に公開利用可能な Fablab の設立を 2016 年度から検討を開始した。普及型マイクロ光造形装置は、SIP 終了後も神奈川県立産業技術総合研究所に開設予定の FabLab に設置し一般公開する予定である。

#### 【技術の PR】

丸尾教授を中心に学会、各種講演会で発表しているほか、横浜国立大学では、H27/7、H28/7、H29/6 に超 3D 造形に関わるシンポジウムを開催、H27、H28 のイノベーションジャパンに出展するなど、技術や超 3D ものづくりネットワークの PR に努めている。

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



超3D造形ものづくりネットワーク



4) 成功要因と課題

普及型の装置を研究の早い段階で開発、神奈川県工業技術センター（公設試）に設置しオープンイノベーションの場を設けること、さらにそれらの普及展開を図るための産学官の連携組織として超3Dものづくりネットワークを設立することで、企業でのテストユースを早い段階から実施することができ、技術や装置の完成度や汎用性を高めることができた。

5) 場・仕組みからのFB

普及型マイクロ光造形装置プロト機を設置した神奈川県工業技術センター（現神奈川県立産業技術総合研究所）を活用の場として運用している。3D ナノインプリント鋳型では、現状設置してある普及型装置では造形が困難な場合も生じており、H29 年度以降の普及型装置の高精度化、高解像度化にフィードバックすることができている。

(別紙) 開発のタイムライン

超3D造形技術プラットフォームの開発

役割(アクション)	実施(予定)時期	だれが、いつ(からいつまで)、(だれと)、どのように行った	~H25				H26				H27				H28				H29				H30				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												
実用化ツールの開発	技術アイデアの創出	横浜国立大学の丸尾教授は、2光子および1光子マイクロ造形技術について、約20年にわたり研究開発を進めている。横浜国立大では、SIP開始前に所望のサイズに加工線幅を制御するアイデアや青色レーザーを用いた造形法をすでに検討していた。	→																															
	研究体制の構築	研究開始時点では、技術開発が中心のため横浜国立大単独。H27年からは技術を展開するためのオープンバージョンの場として、神奈川県産業技術センターが参画。	☆																															
	研究テーマ提案(研究資金の獲得)	横浜国立大学がSIP公募に提案し、採択。(H26/9)	☆																															
	技術開発のマネジメント	横浜国立大学丸尾研究室が中心となり、横浜国立大学院に超3D造形技術プラットフォーム研究拠点を形成し、マネジメントを実施。	→																															
	技術開発	横浜国立大にて、技術開発を実施。普及型マイクロ造形装置(~H27/10)、超高速3Dナノ造形装置、全方位型造形システム(~H28年度)などの装置を開発。H29年度からは、ナノ造形で得られた知見を加味しながら、普及型マイクロ造形装置の高精度化、高分解能化を推進しながら、実用化に向けた取り組みも実施。 またSIPプロジェクト内での連携として、京都大学 西脇教授が進めているトポロジー最適化と超3D造形の融合として、マイクロピセットの施策を実施。	→																															
	技術の検証方法の決定	超高速3Dナノ造形装置、全方位型造形システムは、横浜国立大にて、医療応用などでテストユースを実施し、普及型マイクロ造形装置は公設試にて、企業でのテストユースを行うこととした。	☆																															
	技術検証	横浜国立大学では、再生医療デバイスを対象としてテストユースを行い、生体適合性も含めた検証を実施。 神奈川県産業技術センター(現神奈川県産業技術総合研究所)では、企業と連携し3Dナノインプリント併用、3Dセラミクス造形などで技術検証を実施。	→																															
	知的財産の確保	特徴的な製造方法、製造装置を用いて作成した造形物などを随時出願。	☆																															
	技術のツール化(装置、ソフト、ノウハウ)	普及型マイクロ造形装置のプロト機を完成し、神奈川県工業技術センターに設置(H27/10)。 超高速3Dナノ造形の検証装置、全方位型造形システムのプロト機完成(H28/3)。	☆																															
	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開始時点で、3D造形技術の周知普及の場及びオープンバージョンの場をつくることを企画していた。 関係組織との調整の結果、前者については超3DものづくりネットワークとしてH27年6月に、後者については神奈川県産業技術センターにテストユースを可能とすべく普及機プロト機を設置することをH26年2月頃に決定した。さらに、H28年度には、SIP終了後の展開策について検討に着手し、神奈川県産業技術総合研究所に設置済装置をSIP終了後もFablabの一部として継続利用可能とすることとした。合わせて、普及機プロトタイプ機をベースに実用機を実現することに向けた検討(仕様策定、体制構築等)をSIPプロジェクト開始直後のH27年度からすすめた。	☆																														
コンソーシアムの運営		普及展開のための組織として、産学官で構成される超3D造形ものづくりネットワークを設立(H27/6)。ここへの参画企業を中心にテストユースを行い、技術の検証と高付加価値製品の創出を行うこととした。超3D造形ものづくりネットワークは、SIP終了後も継続の方向で検討中。	☆																															
ベンチャー設立		-																																
ツール販売		SIPプロジェクト開始直後のH27年度から普及型装置を実用化してれる企業の探索、実用機の仕様策定にも取り組み、SIP終了後も企業や大学などが広く利用できる体制を維持・継続するための準備を行っている。	→																															
ツールオープン利用		神奈川県産業技術センターに普及型装置を設置(H27/10)。SIP終了後も一般が活用可能な体制を構築。	→																															
技術のPR		学会、各種講演会で発表しているほか、横浜国立大学では、H27/7、H28/7、H29/6に超3D造形に関するシンポジウムを開催。H27、H28のイノベーションジャパンに出展するなど、技術や超3DものづくりネットワークをPR。	☆																															
				☆																														