

リアクティブ 3Dプリンタによるテーラーメイドラバー製品の設計生産と 社会経済的な価値共創に関する研究開発

1) 開発の取り組み内容

本研究開発は、既存マーケティング手法では発掘できなかったユーザのデライトネスをデジタルヒューマン情報の交信による価値共創ループに基づき設計する社会科学的アプローチと、革新的なリアクティブ 3D プリンタの生産技術という工学的アプローチとを融合した、多くの参加機関による文理融合型・コンソーシアム型の研究開発として計画された。地域資源である神戸のラバー産業およびシューズ産業に着目し、テーラーメイドシューズを先導的モデルとして、革新的なものづくりの実現を目指すものであり、個人に適合したシューズの設計やテーラーメイド生産に対応した設計・生産システム、テーラーメイドラバー製品を製造するためのラバー素材および 3D プリンタを開発し、価値共創を実現することで、ラバー本邦発祥の神戸の各種ラバー産業に貢献するものである。

■実用化ツールの開発

【技術アイデアの創出】

神戸は日本におけるラバー工業の発祥地であり、ケミカルシューズ生産の国内有数の拠点である。しかしながら、諸外国との競争激化に伴い、シューズへの新たな基軸が重要課題となっていた。さらに、ラバー素材である靴底への関心は、日本が抱える超高齢社会への対応や 2020 年開催の東京オリンピック、さらに昨今の健康への意識の高まりなどを受け、そのテーラーメイド化が強く望まれる材料である。

そこで神戸大学では、H26 年 1 月に、神戸の地域性も視野に入れながら、ラバー素材のソールを持つテーラーメイドシューズに着目し、これを効率良く設計および生産するシステムの開発を SIP で進めることにした。事前検討を重ねた結果、さまざまなシューズの中でまずはランニングシューズに焦点を絞った理由としては次の 3 点挙げることができる。

- 1) 市場規模：ウォーキングシューズやパンプスのテーラーメイド市場規模推定が各々約 40 億円、インソールが 53 億円であるのに対して、ランニングシューズのテーラーメイド市場規模推定は 400 億円を超えることから、大きな波及効果が望まれること。
- 2) 価格帯：テーラーメイドということでは、汎用品よりも高価格になることが予想される。この際、高価格でも購入意欲が高いユーザが、多く見込まれること。
- 3) データ収集のためのモニター：今のランニングブームを見ても明らかなように、ウォーキングシューズに比較して、ランニングシューズに問題意識の高いユーザの人口が多く、テーラーメイド化に際して、さまざまな評価に際してのモニターの募集が容易であると予想されたこと。

【研究体制の構築】

アカデミアの神戸大学を核として地域の企業 4 社（㈱アシックス、㈱神戸工業試験場、住友ゴム工業

(株)、バンドー化学(株)：再委託先であるシバタ工業(株)、天満サブ化工(株)も含めると 6 社)、地域の公設試験研究機関である兵庫県立工業技術センター、国立研究開発法人である産業技術総合研究所を結集した、産学官連携の研究体制としている。

さらに以下の 3 つのチーム体制をとって緊密に連携をとることで効率よく技術開発を進め、それらの開発成果を統合して全体としてのシステムを完成させる体制とした。

- ・[設計・生産システム研究開発チーム]：個人に適合したシューズの設計やテーラーメイド生産に対応した工場システム開発

神戸大学 システム情報学研究科・経営研究科、(株)アシックス、兵庫県立工業技術センター、産業技術総合研究所

- ・[素材研究開発チーム]：シューズの 3D プリンタに用いるラバー材料開発

神戸大学 工学研究科、バンドー化学(株)、住友ゴム工業(株)、兵庫県立工業技術センター、シバタ工業(株)、天満サブ化工(株)

- ・[マシン研究開発チーム]：ラバー3D プリンタ装置開発

(株)神戸工業試験場、神戸大学 工学研究科、兵庫県立工業技術センター

このうち、(株)アシックスは出口のひとつとなるランニングシューズの作製、兵庫県立工業技術センターは開発成果を地域に展開するための拠点の機能(センター内に成果を一般に公開するための「価値共創プラットフォーム」を開設)も担う。本体制は SIP 開始時には構築していた。

【研究テーマ提案 (研究資金の獲得)】

神戸大学が中心となり H26 年に SIP へ提案を行い、H26 年 9 月に採択された。その他、本研究課題に関連する研究活動のための外部資金として、H29 年度に科研費(挑戦的研究)や JST の未来社会創造事業(ヒューメインなサービスインダストリーの創出)などを獲得しており、本課題は重要な研究開発テーマと認められている。

【技術開発のマネジメント】

神戸大学が中心となり、マネジメントを実施している。技術開発は、[設計・生産システム研究開発チーム]、[素材研究開発チーム]、[マシン研究開発チーム]の 3 つのチームにおいてチームリーダーが中心となり、それぞれ 1 ヶ月から 3 ヶ月に 1 回程度の会議を実施し、進捗及び成果の確認を実施している。なお、素材とマシンの研究開発においては、密接な連携が必要なことから合同での会議も実施している。また年に 3 回程度チームリーダー会議を開催し、テーマ全体を俯瞰した上での年度の目標、進捗、成果の確認を実施している。またプロジェクトに関わる全員が参加する全体推進会議を年に 4 回程度開催し、目標、進捗の共有を行っている。

また、本 SIP に加え神戸大学が関連する SIP テーマでのシナジーを発揮するための仕組みとして、神戸大学内に、3D スマートものづくり研究センターを H27/6 に設置し、産官学連携研究の拡充、成果物のアウトリーチ活動を推進している。

【技術開発】

[設計・生産システム研究開発チーム]

ここでは、個人に適合したシューズのソールを設計するためのソール設計ツールと、それを効率よく生産するためのクラウド型テーラーメイド生産システムの開発を目標としている。

ソール設計ツールに関しては、H27 年度までにスマートフォンの画像を取り込んで、シューズのソール設計に必要な足型や寸法などの情報を取得するツールのプロトを開発した。H28 年度は個人のランニングスタイルを入力可能な機能、別途開発しているデジタルヒューマン DB と連携した個人の足部の形状復元機能を追加し、個人に適合したシューズを選択可能なプロトを開発した。さらに生産シミュレーションとも連携し、スマートフォンからの発注に対して、納期や金額を提示できるストア機能も開発した。H29 年からは多数の被験者での評価実験を行うとともに、H30 年度には評価結果をふまえた設計ツールの改良を行い、価値共創プラットフォームに設置し、一般に公開する予定である。

クラウド型テーラーメイド生産システムに関しては、H28 年度までにスマートファクトリのプロトを開発した。シューズ生産における製造・調達・物流・販売間の CPS(Cyber Physical System)による実仮想融合型シミュレーション環境を構築し、提案手法の有効性の評価を行うとともに、シューズ設計ツールとの連携も行えるようにした。H29 年度以降は、本研究で開発したツール間のデータ接続のための検討や、これをふまえたシステムの仕様作成を行う予定である。

[素材研究開発チーム]

ここでは、ランニングシューズソールの 3D 造形に向けて、インナーソール用に加硫ラバー、ミッドソール用に UV 架橋ラバー、アウターソール用にポリウレタンラバーの材料開発を行う。各ラバー材料とも H27 年度までにプロト材料の開発を完了し、H28 年度からは 3D プリンタでの造形評価を開始し、H29 年度以降に 3D 造形に適切な材料へと改良を図る。

[マシン研究開発チーム]

ここでは、ポリウレタンラバー向けに 2 液混合積層造型、加硫ラバー、UV 架橋ラバー向けにディスクペンサー型といった 2 種類、3 タイプの 3D プリンタの開発を行う。

H27 年度までに 3D プリンタヘッドの仕様検討およびプロト機の開発を完了した。H28 年度には素材開発チームと連携し必要となる装置のスペックを検討した。H29 年度には、検討したスペックの試作機的设计および製作を行い、H30 年度には試作機を完成させ性能評価を行う予定である。

【技術の検証方法の決定】

SIP 開始時点から神戸地場による企業の検証を想定しており、特にファーストターゲットとしているランニングシューズの製作を対象に進めることとしていた。シューズの作製評価を行う企業として、(株)アシックスにプロジェクトに参加してもらうこととしていた。また、地場の中堅・中小企業向けに、開発成果を公設試に設置することを決定していた。

【技術検証】

H27 年度までに各要素技術の評価を終え、H28 年度以降はソール設計ツールとリアクティブ 3D プリンタを応用したシューズ作製に重点を置き、実使用における課題の抽出と改良を行う計画とした。H29 年度には走行実験を計画しており、H29/11 の神戸マラソンでは 4 名のランナーが、ソール設計ツ

ールを使って設計し、3Dプリンタを使って作成したミッドソール、アウトソールを用いたランニングシューズで参加した。

また加硫ラバーの3Dプリンタについては、H29/9に価値共創プラットフォームに設置し、企業が活用できるようにした。ここではシューズ以外の製品へのテストユースも行っている。またソール設計ツールについてもH30年度に価値共創プラットフォームに設置し、企業に公開しテストユースを実施する予定である。

【知的財産の確保】

3Dプリンタによる製造方法およびその材料として、プロジェクト参画企業を中心に特許出願を実施している。このうち、ポリウレタンラバーに関する基本特許に関しては、H29年度に取得済みである。

H26年度：0件、H27年度：3件、H28年度：4件、H29年度：6件。

【技術のツール化（装置、ソフト、ノウハウ）】

3Dプリンタ装置及び材料に関しては、H27年度にそれぞれプロトを完成し、H28年度以降に改良するというスケジュールで進めた。H30年度には試作機およびそこで使用する材料の完成を予定している。ソール設計ツールは、H28年度までに基本機能を完成させH29年度以降は評価実験とそれに基づく改良を中心に行っている。

■ 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）】

SIP開始時点で研究成果物のアウトリーチ活動の推進が必要と考えており、実践の場として「価値共創プラットフォーム」を公設研・ものづくり支援センターに構築し、将来的には全国地域への展開を計画するとした。また本プロジェクトに参加している神戸地域の多数の有力企業により3Dプリンタ装置や材料の販売を検討することとしていた。

【コンソーシアムの運営】

—

【ベンチャー設立】

—

【ツール販売】

3Dプリンタ装置については、(株)神戸工業試験場が、SIP終了後の販売を検討。

【ツールオープン利用】

H29/9に兵庫県立工業技術センター内に、価値共創プラットフォームを設置。同時に加硫ラバーの3Dプリンタ装置を一般に公開し、神戸の中堅・中小企業を中心としたテストユースを開始した。H30

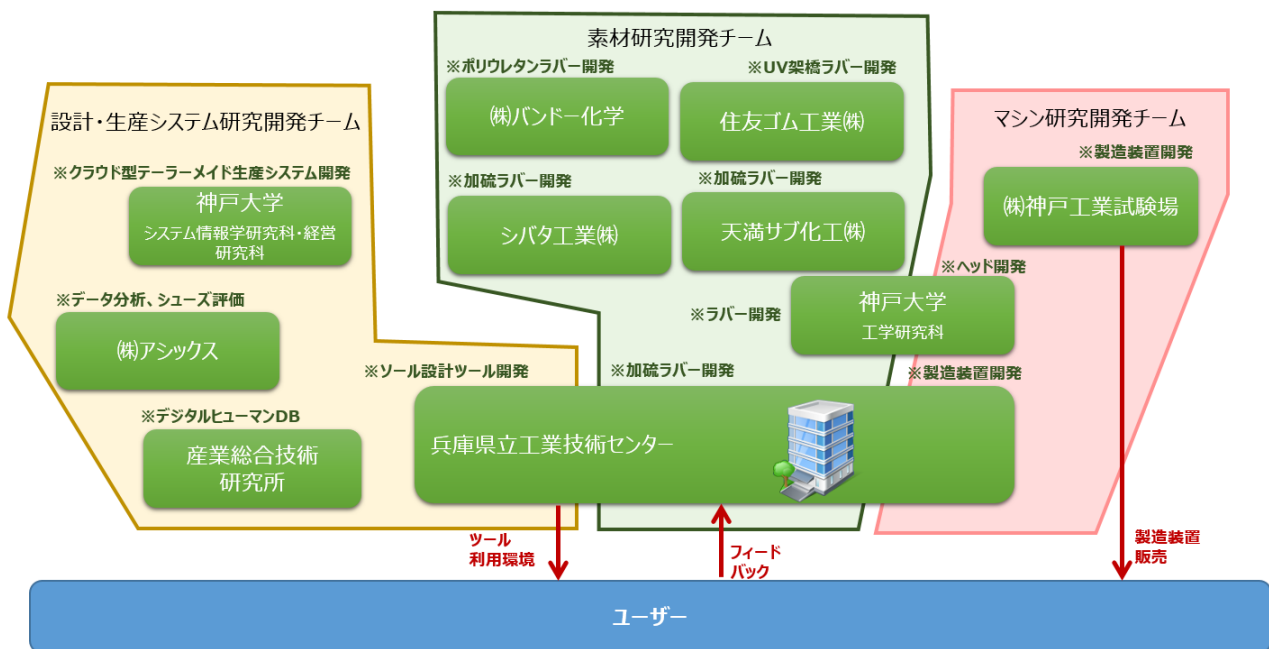
年度には、ソール設計ツールを一般に公開し、テストユースを実施する予定である。価値共創プラットフォームは SIP 終了後も継続する。

【技術の PR】

年間を通じたインターネットや学会での発表のほか、3Dスマートものづくり研究センター主催のセミナーを H27 年度より 1 回/年で開催。そのほか、イノベーションジャパン (H29/8) などの展示会で展示、価値共創プラットフォーム、加硫ラバー3D 造形のニュースリリースや新聞掲載 (H29/7)、SIP 成果であるツールを活用して作成したランニングシューズでの神戸マラソン参加の新聞掲載 (H29/11) など、精力的に PR を実施。

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

- 神戸の地場産業であるラバー製品をターゲットとして、神戸大学に加え地場の製造装置メーカー、材料装置メーカーがプロジェクトに参画したことで、SIP 終了後における成果の実用化、製品化への道筋を明確にできた。
- 兵庫県立工業技術センターがプロジェクトに参画したことで、開発成果の地場の中堅・中小企業への展開への道筋を明確にできた。
- 価値共創プラットフォームを前倒しで開設したことで、中堅・中小企業でのテストユースが進み、3Dプリンタの完成度向上につなげることができた。
- プロジェクトの推進では、設計・生産システム、素材、マシンの3つのチームに分けて進めており、

情報共有の迅速化、意思決定の早期化につながった。

- ・特に素材とマシンについては H27 年度中にプロトを完成し、H28 年度以降両者を組み合わせて実証評価を行うことで、課題を早期に洗い出すことができ、完成度を向上することができた。

5) 場・仕組みからの FB

加硫ラバー3D プリンタを価値共創プラットフォームに設置して、一般公開している。ここでは、神戸の中堅・中小企業からの要望に応じてラバー製品の試作を行っているが、さらなる高解像度化や造形の安定性向上などの FB があり、継続して改良を行っていく。

役割(アクション)	実施(予定)時期	だが、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					
技術アイデアの創出		神戸大学では、神戸の代表的地場産業であるラバー産業とシューズ産業の競争力強化に向けて、H26/1にテーラーメイドシューズに着目し、これを効率よく設計および生産するシステムの開発をSIPで進めることにした。																									
研究体制の構築		アカデミアの神戸大学が中心となり、地域の企業4社(㈱アシックス、㈱神戸工業試験場、住友ゴム工業㈱、バンドー化学㈱)；再委託先であるシバタ工業㈱、天満サブ化工㈱も含めると6社)、地域の公設試験研究機関である兵庫県立工業技術センター、国立研究開発法人である産業技術総合研究所を結集した、産学官連携の研究体制としている。 さらに設計・生産システム研究開発チーム、素材研究開発チーム、マシン研究開発チームの3チーム体制で、進めることにした。																									
研究テーマ提案(研究資金の獲得)		神戸大学がSIP公募に提案し、採択。(H26/9)																									
技術開発のマネジメント		神戸大学が中心となり、マネジメントを実施。チーム単位の会議、チームリーダー会議、全体推進会議を開催。神戸大学内に、3Dスマートものづくり研究センターを設置し、産官学連携研究の拡充、成果物のアウトリーチ活動を推進。																									
技術開発		設計・生産システム研究開発チーム：H28までに評価プロト完。H29から評価実験、改良を実施。 素材研究開発チーム：H27年度までにラバープロト材料の開発を完了し、H28年度からは3Dプリンタでの造形評価を開始し、H29、30年度で3D造形に適切な材料へと改良。 マシン研究開発チーム：H27年度までにプロト機の開発を完了。H28年度には素材開発チームと連携し必要となる装置のスペックを検討。H29年度には、検討したスペックの試作機の設計および製作を行い、H30年度には試作機を完成させ性能評価。																									
技術の検証方法の決定		SIP開始時点から(検証方法の決定時期はいつでしょうか)神戸地場による企業の検証を想定しており、特にファーストターゲットとしている㈱アシックス社でのランニングシューズの製作を対象に進めることとしていた。また、地場の中堅・中小企業向けに、開発成果を公設試に設置することを決定していた。																									
技術検証		H28年度以降はソール設計ツールとリアクティブ3Dプリンタを応用したシューズ作製に重点を置き、実使用における課題の抽出と改良を行う計画とした。 また加硫ラバーの3Dプリンタについては、H29/9に価値共創プラットフォームに設置し、企業が活用できるようにした。ここではシューズ以外の製品へのテストユースも行っている。またソール設計ツールについてもH30年度に価値共創プラットフォームに設置し、企業に公開しテストユースを実施する予定である。																									
知的財産の確保		3Dプリンタによる製造方法およびその材料として、プロジェクト参画企業を中心に特許出願を実施。																									
技術のツール化(装置、ソフト、ノウハウ)		3Dプリンタ装置及び材料は、H27年度にそれぞれプロトを完成し、H28年度以降に改良、H30年度には試作機およびここで使用する材料の完成を予定。ソール設計ツールは、H28年度までに基本機能を完成させH29年度以降は評価実験とそれに基づく改良を中心に実施。																									
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開始時点で研究成果物のアウトリーチ活動の推進が必要と考えており、実践の場として「価値共創プラットフォーム」を公設研・ものづくり支援センターに構築し、将来的には全国地域への展開を計画するとして、また本プロジェクトに参加している神戸地域の多数の有力企業により3Dプリンタ装置や材料の販売を検討することとしていた。																									
コンソーシアムの運営		-																									
ベンチャー設立		-																									
ツール販売		3Dプリンタ装置については、㈱神戸工業試験場が、SIP終了後の販売を検討。																									
ツールオープン利用		H29/9に兵庫県立工業技術センター内に、価値共創プラットフォームを設置。同時に加硫ラバーの3Dプリンタ装置を一般に公開し、テストユースを開始した。H30年度には、ソール設計ツールを一般に公開し、テストユースを実施予定。価値共創プラットフォームはSIP終了後も継続する。																									
技術のPR		年間を通じたインターネットや学会での発表のほか、3Dスマートものづくり研究センター主催のセミナーをH27年度より1回/年で開催。そのほか各種展示会、ニュースリリースなど積極的にPRを実施。																									

実用化ツールの開発

出口戦略

製品化

価値共創プラットフォームでのテストユース

SIP設計生産シンポジウム

国際コンファレンス

シンポジウム

シンポジウム

シンポジウム

シンポジウム

シンポジウム

シンポジウム

シンポジウム