

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
令和元年度研究開発実施報告書

SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム
シナリオ創出フェーズ

「共創的支援を促進する視覚障害者のための
3D造形物配信・出力エコシステムの構築」

研究代表者 南谷 和範
(大学入試センター 研究開発部・准教授)

協働実施者 渡辺 哲也
(新潟大学 工学部・准教授)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の具体的内容	2
2 - 1. 目標.....	2
2 - 2. 実施内容・結果.....	3
2 - 3. 会議等の活動.....	8
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況.....	10
4. 研究開発実施体制.....	10
5. 研究開発実施者.....	10
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など.....	11
6 - 1. シンポジウム等.....	11
6 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など.....	11
6 - 3. 論文発表.....	11
6 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）.....	11
6 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等.....	12
6 - 6. 知財出願.....	12

1. 研究開発プロジェクト名

「共創的支援を促進する視覚障害者のための3D造形物配信・出力エコシステムの構築」

2. 研究開発実施の具体的内容

2 - 1. 目標

(1) 目指すべき姿

本研究が目指すのは、「視覚障害者が知りたいものをいつでもどこでも自由に手に入れ触れられる社会」の2030年実現である。これを、DIYの発想に基づく3Dモデルのリクエスト・出力・配信ネットワークという形態で実現する。具体的には、3Dモデルに関心を持つ視覚障害者と研究者、支援団体やカジュアルボランティアが協働し、望まれる3Dモデルをユニバーサルデザイン志向の3Dプリンタを活用して必要とする視覚障害者に提供する体制を実現する。対象とする地理的範囲は、一義的には全国（日本国内）である。その一方で、3Dモデルのニーズが普遍的なものであることと本体制が多様な社会状況下でも実現可能であることに鑑み、国際的な発信を重視する。

(2) 研究開発プロジェクト全体の目標

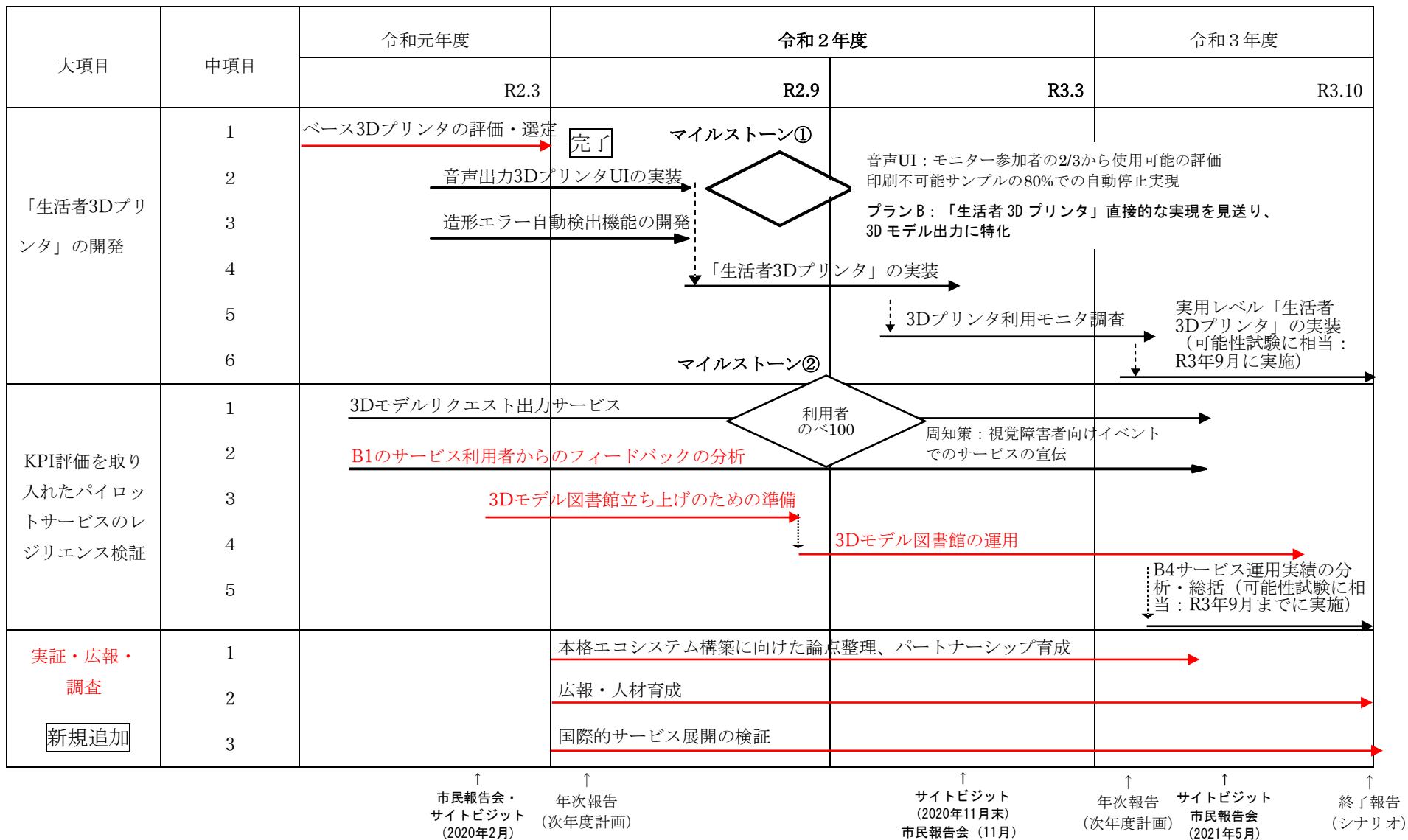
「生活者3Dプリンタ」の開発と、2. KPI評価に裏打ちされたパイロットサービス運用による本格サービスのレジリエンスの実証を目標とする。

① 「生活者3Dプリンタ」の開発：音声出力による3DプリンタUIの実装(2020年度第1四半期から第3四半期、大学入試センター南谷研究室)、造形エラーの自動検出機能の開発（同、大阪府立大学岩村研究室担当）を行う。両者を実装した誰でも運用できる3Dプリンタを、全国の有志視覚障害者10名程度と、盲学校・支援団体5箇所程度に数か月スパンで貸し出し、日常生活での運用性を検証する（2021年度前半、南谷研究室担当）。

② パイロットサービスを通じた検証：全国の視覚障害者のリクエスト(総計100件程度を目途)に応じて、任意の3Dモデルを出力・送付するサービスを運用し（2019年度11月から）、3Dモデル図書館運用のKPI評価（2020年度以降）を含めつつ、サービスのレジリエンスを検証する。ややもするとあげっぱなしになりかねない提供サービスに比して、貸し出し型の図書館サービスは双方向性があり、SDGsの理念との親和性からも重視する。これらのサービスは、次フェーズで全国各所の支援施設と共に展開するもののパイロットケースであり、その観点から運用実績を分析する（2021年度前半、渡辺・南谷担当）。構想するエコシステムイメージは、関与するグループ3者が水平面上で相互に関係を取り結ぶ「大三角形」モデルである。

2 - 2. 実施内容・結果

- (1) スケジュール
次ページの図の通り



(2) 各実施内容

(目標) 「生活者3Dプリンタ」の開発

実施項目(1)-1: ベース3Dプリンタの評価・選定

実施内容: 開発ベースの候補として選定した市販3Dプリンタについて、本体上のボタンと液晶パネルを用いた操作や

3Dモデル材料(フィラメント)の搭載、撤去、交換などの作業のプロセスを分析し、視覚障害者を含む一般生活者の運用難易度を検証した。

実施項目(1)-2: 音声出力による3DプリンタUIの実装

実施内容: 開発ベースとして選定した市販3Dプリンタについて、視覚障害者を含む生活者が運用できるような操作性、特に音声ガイドによる操作を実現するための方策を検討した。

3Dプリンタは一般にメーカーが提供する専用のソフトウェアをパソコンにインストールし利用する。このソフトウェアを用いて3Dモデルデータの個別3Dプリンタ用データへの変換(gcodeスライス)や、3Dプリンタへの転送、出力開始の指示を行う。視覚障害者はスクリーンリーダーと呼ばれるソフトウェアを用いて画面の内容を音声読み上げさせてパソコンを操作する。技巧的なグラフィック表示を多用するメーカー提供の3Dプリンタ用ソフトウェアを、スクリーンリーダーを用いて操作することは現実的ではない。この状況を打開する方法、ソフトウェアを探索・評価した。

実施項目(1)-3: 造形エラー自動検出機能の開発

実施内容: 造形エラー検出の基礎となる造形時の様子を動画撮影するための技術を調査・評価した。

(目標) KPI評価を取り入れたパイロットサービスのレジリエンス検証

実施項目(2)-1: 3Dモデルリクエスト出力サービスの開始

実施内容: 全国の視覚障害者のリクエストに応じ任意の3Dモデルデータの造形出力・送付を行うサービスを開始した。本研究のスタートアップシンポジウムとして、サービスを紹介する市民報告会を実施した。

実施項目(2)-2: サービス利用者からのフィードバックの分析

実施内容: (2)-1の3Dモデルリクエスト出力サービスで送付した3Dモデルに対するフィードバックを随時分析した。

(3) 成果

実施項目①-1: 地域の問題点・ニーズの深掘調査

成果: 初期開発のベースとする3Dプリンタとして、Prusa社が開発・販売する3Dプリンタ Original Prusa i3 MK3Sが有望であるという結論を得た。

3Dプリンタの運用に際しては、3Dモデル材料(フィラメント)の搭載、撤去、交換などの作業が日常的に求められる。これらの作業は、ユーザが本体上のボタンでの入力と液晶パネルに示される指示に従って行うものであるが、ユーザに対して3Dプリンティングについての技術的習熟を要求する。また、液晶パネルに示される指示が確認できない視覚障害者には不可能

である。「生活者3Dプリンタ」の実現には、我々が想定するユーザ（視覚障害者を含む一般消費者）にとって十分容易な操作性の実現が課題となる。

当該製品は、オープンソースハードウェアとして、製作に用いられている部品やマイコン、回路図の情報が公開されている。加えて、マイコン上で動作するシステムソフトウェア（ファームウェア）のソースコード一式も提供されている。そのためシステムソフトウェアの改変が可能である。これらの特性を活用すれば、生活者が容易に運用できる操作性を実現できる。

当該3Dプリンタの基礎的な設定調整やメンテナンスは本体搭載のダイヤルを用いる。現状、このダイヤルを用いた操作は視覚障害者には実施できないことが確認された。他方で、操作体系を分析した結果、視覚障害者の操作を実現する報知音フィードバックを用いたユーザインターフェイスの実現は比較的容易と判断された。報知音フィードバックを用いたユーザインターフェイスは、共用品として販売される電化製品での実績があり、それらの事例から学ぶことで本研究でも実装可能という見通しを得た。

並行して各種3Dモデルの出力テストを行い、出力精度やイールドレイト(歩留り)を調査した。これらの点で、一般向け3Dプリンタの中では優れたグループに分類されるUltimaker社Ultimaker s3に迫る性能が観察された。よって、総合的に判断して、本プロジェクトの開発プラットフォームとしての優位性が確認された。

なお、Ultimaker社Ultimaker s3については、3Dモデル提供サービスの機材として導入し、継続して操作性や出力精度を検証する。

実施項目(1)-2： 音声出力による3DプリンタUIの実装

成果： 3Dプリンタ管理ソフトウェアOctoPrint を改良することで、視覚障害者を含む一般消費者に3Dモデルの出力作業が可能であるという知見を得た。

OctoPrint は3Dプリンタが接続されたサーバコンピュータ上でウェブサーバとして動作する。ユーザはこのOctoPrintが提供するウェブサイトウェブブラウザでアクセスして、3Dモデルデータの個別3Dプリンタ用データへの変換や、3Dプリンタへの転送、出力開始の指示を行う。視覚障害者のためのウェブアクセシビリティ向上の研究開発にはかなりの実績がある。そのため、ウェブページとして読み上げさせることのできるOctoPrintの操作画面は視覚障害者にとって比較的利用可能性が高い。この仮説に基づき、OctoPrintが実際に提供するウェブサイトのアクセシビリティを検証した。現状、OctoPrintではアクセシビリティがほとんど考慮されておらず、視覚障害者の操作性は決して高くないことが確認された。しかしながら、OctoPrint はソースコードが公開されており、自由に改変できる。よって、独自にアクセシビリティ向上の改変は可能であり、本研究の「生活者3Dプリンタ」を構成する要素として最有力のソフトウェアと判断した。

実施項目(1)-3： 造形エラー自動検出機能の開発

成果: OctoPrint に実装されたモニター機能を拡張することで、本研究の推進に必要な造形時の動画撮影が可能であるという結論を得た。加えて、基礎的な撮影システムを実現した。

造形エラー自動検出のためには、3Dプリンタでの3Dモデル出力の進捗を随時監視し、原型の3Dモデルデータとの比較を繰り返す必要がある。具体的には3Dモデル出力の様子を連続撮影する必要がある。OctoPrintにはウェブカメラを用いて3Dプリンタの状態をモニターする機能がある。この機能を転用し改良することで、本研究の用途での利用が可能であることを確認した。基礎的な連続撮影システムの実装までを行った。

(目標) KPI評価を取り入れたパイロットサービスのレジリエンス検証

実施項目(2)-1: 3Dモデルリクエスト出力サービスの開始

成果: 全国の視覚障害者のリクエストに応じ任意の3Dモデルデータの造形出力・送付を行うサービスを開始した。

2019年11月後半のサービス開始から、2020年3月末までの段階で9件のリクエストを受け、13点の3Dモデルを送付した。

本研究のスタートアップシンポジウムとして、サービスを紹介する市民報告会を2020年2月16日に都内で実施した。来場者は55名、そのうち視覚障害者22名であった。

サービスを紹介するためのパンフレットを日本語、英語で準備し、それぞれ活字版と点字版を製作・配布した。2020年3月末の段階で、日本語活字版を102部、日本語点字版を32部、英語活字版を180部、英語点字版を10部配布した。

実施項目(2)-2: サービス利用者からのフィードバックの分析

成果: (2)-1の3Dモデルリクエスト出力サービスで送付した3Dモデルに対するフィードバックを分析し、利用者ニーズの把握と今後のサービス運営方針の検討を行った。

建築物合計30点のリクエストを寄せた利用者があり、当該建築物中で、無料で3Dモデルが入手可能なもの、有料で入手可能なもの、入手困難なものをそれぞれ調査した。結果は、有(無料)が12点、有(有料)が4点、無が14点で、今後期待できるサービスカバー率を概算する基礎データとした。

(4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

プロジェクトの目標達成に対しての、現在の進捗状況について。おおむね当初の計画通りの進捗を得ている。

1. 「生活者3Dプリンタ」の開発においては、既存のオープンソースハードウェア・ソフトウェアを探索し採用したことで当初の計画以上の進捗を得ている。ただし、本研究の学術上の最難課題である機械学習・深層学習を用いた造形エラー検出が来年度に控えているため、目標の早期達成の楽観はできない。

2. KPI評価を取り入れたパイロットサービスのレジリエンス検証については、3Dモデル提供サービスを開始し、立ち上げ時点としては良好な数のリクエストを受け付けている。周知のために開催したシンポジウムも盛況であった。特に視覚障害者の来場者が多く質疑で活発な質問が提出されたことは、本研究の趣旨の適切さを裏書きするものと判断する。

各実施項目で得られた結果や成果を俯瞰・統合した結果分かったことについて。

1. 開発課題に関わる諸実施項目においては、いずれもオープンソースプロジェクトの成果物を活用することが有効であるという知見を得ている。もともと、オープンソース開発には共創の側面がある。オープンソース開発がマイノリティ（含む障害者）のニーズを満たす上で有効かどうかについては意見が分かれる。今後の本研究の進展についてこうした観点をも加味して検証していく。

2. 3Dモデル提供サービスの周知を一義的な目的として実施したシンポジウムでは、サービス紹介にとどまらず本研究の2目標全般にわたる興味関心が示された。今後開催するシンポジウムの話題設定において考慮するのはもちろん、研究推進全般にかんしても、目標別にトップダウン的に課題を細分するのではなく、相互の連関を意識することの重要性を感じている。また、視覚障害のある参加者から自身で3Dモデルデータを製作したいという要望が少なからず提出されたことには留意する。

次年度に向けて取り組む課題: 3Dモデル提供サービスの全国規模エコシステムの再構成を行う。

ソリューションフェーズ終了時の目標として設定している3Dモデル提供サービスの全国規模エコシステムの立ち上げについて、立ち上げるエコシステムの内容や立ち上げに向けたアクター育成の方法を再検討する。当初我々は、運用実績が豊かなオンラインの点字図書館システムSapieを引き写したような形態での3Dモデル提供サービス実現を想定していた。今年度、協力施設（日本点字図書館）の担当者から、Sapieのシステムの全面適用を直接行うことは困難であろうという指摘を受けた。

解決方法の検討内容: 実現するエコシステムを、3Dモデルデータ製作・供給者、提供サービス実施者、利用者の3者が、水平面上で相互に関係を取り結ぶ「大三角形」モデルに整理する。シナリオフェーズでは、このうち特に提供サービス実施者の役割を検証するため、有志の社会福祉法人や点字図書館の協力を得てサービス提供を行う。実施者が持続的に役割を果たすための条件を探る。

2 - 3. 会議等の活動

2019年12月27日

研究推進方針打ち合わせ

市ヶ谷

シナリオ創出フェーズにおける研究方針、総括チームから指摘された課題の整理、シンポジウムの内容と準備の手順などを議論した。

2020年1月31日・2月1日

造形エラー検出に関する技術的課題検討

渋谷・品川

造形エラー検出に関わる互いのサーベイを共有し、技術的課題を検討した（南谷、岩村）。

2020年2月16日

研究課題整理

田町

スタートアップシンポジウムにおける反響、総括チームから受けた指摘の整理とそれを踏まえた次年度研究方針について議論した。

2020年2月22日

3Dプリンティング講習に関わるノウハウ共有

沖縄県名護市

福祉機器を作ることを目的とする3Dプリンティングの講習に当たってのノウハウ・留意点について意見交換した（南谷、渡辺崇史。デジタルモノづくり講習会視察の機会を活用）。

2020年3月24日

点字図書館についての情報・意見交換。

駒場

来年度の研究において、点字図書館との協同をどのように進めうるかについて鶴見大学元木章博教授（来年度より協力者として参加予定）と意見交換をした（南谷、元木）。

2020年3月25日

3Dプリンタ改良、DIY福祉機器についての意見交換

横浜

慶應義塾大学ソーシャルファブリケーションラボ（来年度より協力組織として参加予定）における3Dプリンタ改良の手法や、DIY福祉機器についての取り組みについて説明を受け意見交換をした（南谷、ソーシャルファブリケーションラボスタッフ）。

メンバーの研究拠点が分散しているため、議論は主にメーリングリストと電話を用いて行った。

3月末段階でのメーリングリストのメール流量は661件。

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

今年度の段階で現場での試行的な利用や社会実験といった取り組みは実施していない。

4. 研究開発実施体制

(1) 開発グループ

グループリーダー：南谷和範（大学入試センター、准教授）

役割：「生活者3Dプリンタ」を開発する。

概要：視覚障害者自身が音声ユーザインターフェイスで操作可能な3Dプリンタを開発する。

(2) サービス評価グループ

グループリーダー：渡辺哲也（新潟大学、准教授）

役割：3Dモデル提供サービスと貸し出し図書館を試験運用する。

概要：視覚障害者からのニーズに応じて3Dモデル（立体模型）を作成し、送付するサービスの試験運用である。

5. 研究開発実施者

開発グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
南谷和範	ミナタニカズノリ	独立行政法人大学 入試センター	研究開発部	准教授
岩村雅一	イワムラマサカズ	公立大学法人大阪	大阪府立大学 大学院工学研究科	准教授

サービス評価グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職（身分）
渡辺哲也	ワタナベテツヤ	国立大学法人 新潟大学	工学部 福祉人間工学科	准教授

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

2020年2月16日

市民報告会：「あなたの触りたいものを届けます」—【共創的支援を促進する視覚障害者のための3D造形物配信・出力エコシステムの構築】スタートアップシンポジウム—

大学入試センター 南谷研究室

キャンパス・イノベーションセンター東京 1階 国際会議室

55名

プロジェクト趣旨説明、3Dモデル提供サービス(試験版)の利用方法、質疑応答などを行った。

6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍、フリーペーパー、DVD

- ・『触察3Dモデル提供サービスのご案内』大学入試センター 南谷研究室、2020年2月4日（日本語点字版・活字版、英語点字版・活字版、）。

(2) ウェブメディアの開設・運営

- ・共創的支援を促進する視覚障害者のための3D造形物配信・出力エコシステムの構築
3D4SDGs<https://3d4sdgs.net>
2019年12月27日

(3) 学会（6-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・なし

6-3. 論文発表

(1) 査読付き（0件）

- 国内誌（0件）

・

- 国際誌（0件）

・

(2) 査読なし（0件）

・

6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議0件、国際会議0件）

・

(2) 口頭発表（国内会議1件、国際会議1件）

- ・南谷 和範, 渡辺 哲也, 岩村 雅一
視覚障害者のための3D造形物 配信・出力エコシステム構築に向けて
情報アクセシビリティをめぐる諸問題に関する研究集会
日本大学工学部駿河台校舎
2020年2月23日

- ・Kazunori Minatani
Construction of 3D model distribution and output ecosystem for visually
impaired people
International Conference on Innovative Practices and Researches for Education
and Rehabilitation of Persons with Visual Impairment (Divyangjan)
DSMNR University, Lucknow, India
2020年2月27日

(3) ポスター発表 (国内会議0件、国際会議0件)

.

6-5. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿 (2件)

- ・「触りたい模型を届けます」『点字毎日・活字版』2020年2月13日号
- ・「あなたの触りたいものを届けます——3Dモデルから広がる世界——」『点字ジャーナル』第51巻4号(通巻第599号)、2020年4月
<https://www.thka.jp/shupan/journal/202004.html#feature02>

(2) 受賞 (0件)

.

(3) その他 (0件)

.

6-6. 知財出願

(1) 国内出願 (0件)

以上