

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）  
分担研究報告書

完成用部品受け入れ基準の構築

研究分担者 石渡利奈 国立障害者リハビリテーションセンター  
研究所福祉機器開発部 第一福祉機器試験評価室長

研究要旨

本研究では、②補装具の種目・構造等の整理・明確化の一環として、最新技術を活用した製作方法の評価等に関し、工学的評価手法や安全に使用するために参考となる基準を提言することを目的とする。

今年度は、3D技術や、3D技術を用いた義肢装具の製作状況等について、インターネット調査を行い、義肢装具に関する3Dデジタル技術の導入状況を明らかにした。

A. 研究目的

本研究では、②補装具の種目・構造等の整理・明確化の一環として、最新技術を活用した製作方法の評価等に関し、工学的評価手法や安全に使用するために参考となる基準を提言することを目的とする。

今年度は、国内、海外における3Dデジタル技術の導入状況を明らかにするため、インターネット調査を行った。

B. 研究方法

国内の状況について、検索エンジン（Google、Yahoo! Japan）にて、3D×義肢装具に関する検索式（3D OR 三次元 OR 3次元 OR デジタルスキャン OR CAD OR CAM）AND（義肢 OR 義足 OR 義手 OR 装具）を用いて、検索を行った（2019. 8. 26 -2019. 11. 21）。

また、海外の状況について、検索エンジン（Google）にて、3D×義肢装具に関する検索式（3D OR three dimensional OR digital scan OR CAD OR CAM）AND（limb prosthetics OR leg prothetic OR arm prosthetics OR orthotics）を用いて、検索を行った。

検索結果について、国内企業、海外企業、研究機

関、論文等、記事等にカテゴリ分け（エクセル上でワークシート作成）を行い、カテゴリごとに、種類、機関、（国名）、概要、詳細、URLをまとめた表を作成した。

企業に関しては、3D計測技術の提供、サービス、3Dプリント技術の提供、CAD/CAM技術の提供、CAD/CAMによる義肢装具製作、3Dプリンタによる義肢装具製作、導入システムメーカー等の分類項目、さらにはそれらについて、義肢装具の種類等の下位項目を設け、該当する項目を表記した。

C. 研究結果

検索の結果、国内については、前述の各カテゴリについて、161件の情報が抽出された。国内企業が36件、研究機関が11件、論文等が11件、記事等が103件であった。

また、海外については、155件の情報が抽出された。海外企業が45件、研究機関が12件、論文等が26件、記事等が72件であった。

検索結果詳細については、付録参照。

【国内企業】

<3D計測技術の提供>

株式会社バンキフにより、石膏モデルやユーザーの身体形状をスキャンできるVORUM社（カナダ）ハ

ンドスキャナ、Spectra (LED プロジェクターとカメラを搭載)、Scan Gogh II (レーザーとカメラを搭載) 等が取り扱われている。

また、株式会社プロテオールジャパンにより、プロテオール社のポータブルスキャナ、Orten3Dcam (オーテンの3Dスキャンアプリとストラクチャーセンサースキャナを iPad や iPhone と組み合わせて使用) が取り扱われている。

#### <サービス>

3D プリントに関するコンサルティングや、セントラルファブリケーション等が抽出された。

セントラルファブリケーションでは、2017 年に、ヤマトシステム開発株式会社が、オーダーメイド、少量多品種の製造が必要な治療用装具に関して、製造時間の短縮等を可能とする「3D プリント・配送サービス」を開始した。また、2019 年に、JSR 株式会社と東名ブレース株式会社の合弁会社、ラピセラ株式会社が設立され、義肢装具の設計・製造支援サービスを開始した。東名ブレース株式会社では、体幹装具のセントラルファブリケーションも行っている。

また、株式会社バンキフでは、Canfit P&O を用いた側彎装具やインソールの製作を行っている。

#### <3D プリント技術の提供>

一般的な 3D プリンタに加え、JSR 株式会社により、義足に用いる強度の高いフィラメント材料 (FABRIAL シリーズ、慶應義塾大学 SFC 研究所ソーシャルファブリケーションラボとの共同開発) などが開発されている。また、インスタリム株式会社により、製作時間を従来比の 1/10 に短縮するという、義肢装具製造のための 3D プリンタ、材料も開発されている。ナノダックス株式会社では、グラスウール入りのポリプロピレンフィラメントを開発しており、海外の国立リハビリ研究所と共同で、義足用大腿部ソケットの造形工法の研究開発や強度評価も進められている。

#### <CAD/CAM 技術の提供>

前述の株式会社バンキフにより、VORUM 社が提供する CAD/CAM システム (Canfit P&O) が取り扱われており、前述のスキャナで取り込まれたデータが、同システムに取り込まれ、義肢装具の陽性モデルの製作に用いられている。

同じく前述の株式会社プロテオールジャパンにより、プロテオール社の CAD/CAM システム (OrtenShape、OrtenMake) が取り扱われており、義肢装具のモデリング、製作に用いられている。

また、インスタリム株式会社でも、義肢装具を設計するための独自の専用 CAD が開発されている。

有限会社大阪義肢では、インソール製作のため、CAD/CAM メーカーとのソフトウェア改良が進められている。株式会社エリジオンでは、東京大学生産技術研究所の MIAMI プロジェクトの中で、義肢装具士が利用する新しい設計ツールの研究開発を行っている。

#### <CAD/CAM による義肢装具製作>

前述の通り、株式会社バンキフでは、Canfit P&O を用いた側彎装具、インソールの製作を行っている。また、東名ブレース株式会社は、独自の CAD/CAM センターを有し、体幹装具の製作を行っている。

ヒューマニック株式会社、有菌義肢株式会社、株式会社小谷義肢、株式会社洛北義肢、有限会社 P0 ライフ、有限会社大阪義肢、株式会社田村義肢製作所、大坪義肢製作所、株式会社澤村義肢製作所、株式会社佐々木義肢製作所、株式会社北義肢製作所では、インソールの製作を行っている。

株式会社澤村義肢製作所、株式会社北義肢製作所、株式会社松本義肢製作所、川村義肢株式会社、株式会社佐々木義肢製作所では、体幹装具の製作を行っている。

また、株式会社佐々木義肢製作所では、下肢装具の製作を行っている。

#### <3D プリンタによる義肢装具製作>

株式会社 SHC デザインでは、2016 年に、全日本空輸株式会社と JSR 株式会社と共同で、3D プリンタによる下腿義足を開発した。株式会社 SHC デザインから分社化したゲイトアシスト合同会社では、3D プリンタを活用した各種オーダーメイドの義足、義足カバー (自費対応) を製作している。

インスタリム株式会社では、開発途上国の義足を購入できないユーザーを対象に、3D プリンタと AI を用いて低価格な下腿義足を製作している。2018-19

年に、フィリピンで実証実験を行い、製品化を進めている。

ヒューマニック株式会社では、3Dプリンタを利用したインソール製作の他、ベスポーク社の3Dプリンタ製義足カバーを取り扱っている。

ダイヤ工業株式会社では、大阪工業大学、国立障害者リハビリテーションセンター研究所、東京大学/慶應義塾大学と共同で、3Dプリンタを用いた対向3指の電動義手を開発し、製品化している。

株式会社 exiii では、2015年に、3Dプリントパーツを用い、オープンソースで開発したハックベリー (HACKberry) という電動義手を発表している。現在、HACKberry は上肢身体障害者(児)を対象にコミュニティ活動を行っている特定非営利活動法人 Mission ARM Japan に運営を委託している。

#### 【国内研究機関】

広島大学、兵庫県立福祉のまちづくり研究所、近畿義肢製作所では、3Dプリンタ製パーツを用いた独自の筋シナジー理論とバイオミメティック制御により指の複合動作を操作可能な筋電義手を共同開発している。

横浜国立大学、横浜国立大学、電気通信大学、国立成育医療研究センター、東海大学医学部付属病院、NPO 法人電動義手の会では、3Dプリンタ製パーツを用いた学習機能を有する筋電義手を共同開発し、補装具等完成用部品の指定を受けている。

新潟医療福祉大学では、3D スキャナや 3D プリンタの臨床における実用化を目指し、3D スキャナや 3D プリンタを用いた義足適合に関する研究を行っている。

東京大学、株式会社アспект、株式会社 エリジオン、地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター、一般財団法人製造科学技術センター、公益財団法人鉄道弘済会義肢装具サポートセンターでは、MIAMI プロジェクトにより、3D プリンティング技術による製品力の向上を目指し、人の体にフィットし、必要十分な強度と軽量性を有し、かつ美しいことを求められる、スポーツ用義足の開発をマイルストーンとして設計手法を共同で開発している。

#### 【国内論文等】

以下のような内容が見られた。

- 義肢装具における 3D プリンタの活用
- 3D プリント装具、従来装具の機械特性の比較
- 3D プリンタ用データ作成
- 3D 計測による義足ソケットの適合評価
- 3D 計測による義足の採型
- 3D 計測と 3D 設計システムを用いた義足のデザイン手法
- 3D プリント技術の活用による電動義手 (Finch) の実用化
- 3D 計測による採型技術の定量的評価
- 3DCAD、光造形による下肢装具製作手法の検討

#### 【国内記事等】

以下のような内容が見られた。

- 国内外の研究プロジェクト等の紹介
- 3D プリント義手、義足、義足カバーの開発事例
- 耐久性や強度、価格等、3D 義足の課題
- 海外における製作のデジタル化、自動化の状況
- 3D 義足と従来義足の比較
- スポーツ用義足
- 動物用義足
- 演奏用義手
- 発展途上国向け義足開発
- オープンソース小児用義手の作成例他

#### 【海外企業】

<3D 計測技術の提供>

PedCad 社は、3D スキャナ ped3D で 3 次元の静的およびデジタル測定値を生成する。分析ソフトウェアの easyped で足の形状の 3D 測定を処理し、設計ソフトウェア pedcad insole-designer を使ってインソールを設計している。

また、Artec 3D 社の工業用 3D スキャナの Space Spider は、小さなオブジェクトや複雑なジオメトリをキャプチャし、Artec Eva はより大きなオブジェクトを速度と精度の両方でスキャンする。Artec 3D スキャナを使用してスキャンングサービスを行い、またプリンティングサービスも行っている。

Vorum 社の Spectra™ハンディ・オプティカルスキャナは、青色光プロジェクターとカメラを搭載し、

高解像度3Dモデルを数秒で電子的にキャプチャできる。スキャンするとほぼ同時に3D形状が画面に表示される。計測アプリケーションによるデザインは様々な装具や座位保持装置、立位保持装置に利用可能である。

Afina 3D社のEinScan ProおよびPro 2Xシリーズのハンディタイプは、数秒で人間の足をスキャンし、データを迅速で処理、カスタマイズ、3Dプリントすることができる。

Aetec 3D社が開発した工業用3DスキャナのSpace Spiderは、小さなオブジェクトや複雑なジオメトリをキャプチャし、Artec Evaはより大きなオブジェクトを速度と精度の両方でスキャンする。

Boston O&P社は、フランスのRodin4D社と協力し、いままでの、CAD/CAMの下肢を効果的にスキャンできない、使用するには複雑すぎる、といった点を解決したRodin4D CAD / CAMシステムを開発した。

<サービス>

Instalimb社はAIと義肢装具製作専用の3D-CADソフト、および義肢装具製作専用の3Dプリンタを組み合わせた、自動設計による義肢装具のカスタム量産ソリューションを開発している。

Nia Technologies社は、ソフトウェアのNiaFit、設計、3Dプリンタなど製作に必要なすべてのツールを含む3D PrintAbilityというツールチェーンを開発している。

<3Dプリント技術の提供>

英国のGyroBot社は、3Dプリンタ用の材料Filaflexを開発し、その後もFilaFlex スキントーンフィラメントを開発している。

DSM社は、3Dプリンタの技術、材料、アプリケーション等を提供し、メーカーが製品を設計および製造する方法を支援している。

Vorum社は3Dプリンタおよび材料メーカーであるEssentium, Incと提携して高速プリンタの開発に協力した。

<CAD/CAM技術の提供>

CAD/CAM Service社は、3Dプリンタの技術、マテリアル、アプリケーション等を提供し、メーカーが製品を設計および製造する方法を支援している。

スイスのOrthema Groupはインソール製作用のOrthemaシステムを提供している。

Vorum社は、O&P Design ソフトウェア Canfit を発売している。Canfitでは、様々なタイプのカスタム義肢、装具を設計できる。

Boston O&PはフランスのRodin4Dと協力し、Rodin4D CAD / CAMシステムを開発した。

<CAD/CAMによる義肢装具製作>

Alabama Artificial Limb & Orthopedic Service Inc.は、患者の残存肢を直接デジタル化して、肢の正確なコンピュータ画像を作成するトレーサーCAD (Tracer CAD)を開発している。結果として得られる画面上の3次元モデルで正確にモデルを設計および調整できる。PDIカーバー (PDI carver)をトレーサーCADと併せて使用すると、ソケット製作の速度と精度が大幅に向上する。

GO-tec社は、ドイツの会社で、オーダーメイドのインソールを製作している。CADソフトウェアのGP InsoleCADを使用すると、数秒で個々のインソールを設計できる。また、GP OptiCADプログラムを使用すると、足のスキャンから測定データを読み取り、短時間でコンピュータ上に構築できる。

Ohio Willow Woods社は、CAD用のソフトウェア、オメガソフトウェアを使用し、スキャンした画像を基にAFO、大腿義足・ソケット・ライナーをデザイン・製作している。

カナダのVorum社も体幹装具、下肢装具、インソール、義足を製作・販売している。

その他CAD/CAMによる義肢装具の製作を行っているのは、Cornerstone Prosthetics & Orthotics社、Advanced Prosthetic Design LLC社、Summit O&P社(以上米国)、Orthema Group社(スイス)などであった。

<3Dプリンタによる義肢装具製作>

Instalimb社は、専用の3Dプリンタを含む下腿義足の半自動設計システムによるカスタム量産ソリューションの開発を完了している。フィリピン大学フィリピン総合病院との共同研究中に、実際の患者を対象にパイロット研究を行い、医学的成果を得ている。

ドイツの Mecuris GmbH 社は、様々な 3D テクノロジーを一つのデジタルワークスペース「Mecuris Solution Platform」にまとめている。産業用 3D プリンティング、高性能プラスチックの使用、および独自のデジタルプロセスチェーンにより、品質と安全性の基準を満たす製品を生み出している。Dassault Systemes 社(フランスのソフトウェア会社)の SolidWorks 3D プリントソリューションを使用して義肢を開発している。子供用義足 Mecuris FirStep、防水性義足 NestStep、ゆっくりした速度から中程度の速度での歩行に適した義足 ComfyStep などを製作している。その他、装具、下腿義足カバー、柔軟な装飾用の部分義足も提供している。

Brownfield 社は、3D プリンタ、CAD/CAM 技術を使用して義肢・装具を製作・販売している。

Intermountain 3D 社と協力して、3D イメージングと 3D プリントを使用して、様々な機能を持った義肢を開発した(水泳選手のための義足 (swim leg) や骨盤の部分から足を失った人の義肢など。後者はカーボンソケット、らせん状股関節、マイクロプロセッサ制御の膝足首システムが一体となったもの)。

その他 3D プリンタによる義肢装具製作は、Vorum 社(カナダ)、Limbless Solutions 社、Unlimited Tomorrow 社、Hagen Orthotics and Prostics. Inc、PVA 社(アメリカ)、Synergy Prosthetics. Inc.、LIMB-Art 社(英国)、ProsFitProtesis 社(ブルガリア)、Avanzadas SAS 社、Protesis Avanzadas SAS 社(コロンビア)、義肢製造会社ロボハンド等で行われている。

#### 【海外研究機関】

カルフォルニア大学サンディエゴ校は、携帯電話のアプリケーションを使用してさまざまな角度から残存肢をスキャンし、その情報を 3D プリント技術で義肢を作製する取り組み、「Project Lim[b]itless」を立ち上げている。

トロント大学は、ウガンダの切断者を支援するウガンダプロジェクトを立ち上げている。本プロジェクトでは、ウガンダで残存肢の 3D スキャン情報を別の場所にいる義肢装具士に数秒以内に送信し、設計

した義肢のファイルをウガンダに送り返し、3D プリントすることが可能となっている。

コロラド大学では、大学院生がプロジェクト ROMP と協力して、100%プラスチックボトルから作られた 3D プリンタ・フィラメントを開発した。プラスチックボトルは細断され溶かされた後、ポリエチレンテレフタレート (PET) プラスチックを使用してフィラメントが作成され、3D プリンタに使用され、個別のソケットが作成される。

ミシガン大学では、スーパー構造と呼ばれる 3D プリントしたデバイスの軽量化を実現した。スーパー構造では、装具の重量を節約する波状の内部構造により、部分的に中空の装具を作る。

英国バース大学では、残存肢の 3D 形状をスキャンし、その後送信されたデータをもとにライナーを設計、極低温加工技術を使用して製造する方法を研究している。ライナーのフィット感をチェックするために圧力センサーを用いて皮膚の損傷を起こす可能性のある圧力が高すぎないことを確認している。

カナダの Digital School, Technical Design College では、オンラインで CAD/CAM のコース、マサチューセッツ工科大学 MIT xPRO では、3D プリント技術分野の理論・技術がオンラインで学べるコースを開設している。

マサチューセッツ工科大学バイオメカトロニックスラボは残存肢の筋肉の固さを圧力センサーで測り、ソケットとの間の適合を良好に保つことを可能にする FitSocket を開発した。この技術はスキャン技術と組み合わせることで、残存肢の正確なモデルを作製できる。

義肢装具にアクセスできないユーザーを支援するプロジェクトは、英国のサウサンプトン大学(カンボジア)、トロント大学(ウガンダ)、コロラド大学(エクアドル)がある。サウサンプトン大学の研究者は、カンボジアの臨床医と協力して、義肢装具サービスを改善するデジタルツールを開発し、ポータブル 3D スキャナや計算形状分析技術を提供している。

#### 【海外論文等】

以下のような内容が見られた。

- 3D プリント機器の分析評価
- 3DCT スキャンによる定量的評価
- CAD/CAM の臨床調査
- 残存肢の 3D 計測法の評価
- 3D 非接光学センサーによる採型
- 3D プリント技術を使用した特定の用途のための義肢装具作成の評価
- 3D プリント技術を用いた低コスト義肢開発の可能性評価
- 義肢装具の CAD 解析プログラム

#### 【海外記事等】

以下のような内容が見られた。

- 3D 技術の利点と欠点について
- 3D 義肢の使用事例
- 3D 義肢、義手カバー、義足カバーの開発事例
- 3D プリント用材料の開発
- 3D プリントシステムと従来の方法との比較調査
- 3D プリント技術の使用に関する調査・研究
- スマートフォン、タブレット使用による 3D プリント技術の提供
- 従来のソケットと CAD/CAM 技術で作られたソケットの比較
- CAD/CAM が与えた義肢・装具界の変化
- 動物用義足
- 社会貢献活動：開発途上国あるいは戦争難民に 3D プリント義肢・装具を提供
- 社会貢献活動：開発途上国に 3D 技術の提供
- 3D プリントでできる医療用デバイス
- 3D プリント、CAD/CAM 技術の開発事例
- 3D プリント義肢の支援プロジェクト
- 3D プリント技術活用の事例
- 3D プリントの利用事例
- 3D プリンタ、スキャナの開発
- CAD/CAM を使ったシステムの開発
- オープンソースの 3D モデルの開発
- ソケットの開発
- 3D 技術の開発事例

#### D. 考察

##### 【国内】

3D 計測に関しては、海外製のハンディースキャナが輸入され、現場で活用されている状況が把握された。

CAD/CAM に関しては、インソールや体幹装具などを中心とし、セントラルファブリケーションによる製作が進んでいた。インソールは 11 社、体幹装具は 5 社の取り組みが検索された。本調査は、インターネット調査のため、全数とは限らないが、他の義肢装具に比し、インソールと体幹装具で CAD/CAM の普及が進んでいる実態が確認された。

3D プリント技術に関しては、義肢装具製造用のプリンタや、強度を高めた専用のフィラメントが開発されていた。

3D プリント義肢装具に関しては、強度や価格、設計手法等が課題となり、研究が進められていた。オープンソースでの義手パーツ開発等が行われ、国内での実用を意図し、製品化や完成用部品の指定登録を目指す複数のプロジェクトが併発していた。

義足に関しては、対象として、国内より海外（発展途上国）に目が向けられており、価格の問題で義足へのアクセス（入手）が困難なユーザーに、安価な義足、就労機会を提供することを目的とした下腿義足の開発が進められていた。海外向けの開発が先行する背景としては、安全性の観点から、義手に比べて、より厳しい強度、耐久性を満たすことが必要である点なども一因と考えられる。

義手、義足共、安価な価格設定を実現し、障害者総合支援法の枠外で、予備的な利用（入浴用等）を目的とする第二の義手、義足として、自費での購入を想定した事業展開も試みられていた。

論文に関しては、従来の製作法に関する 3D 計測による定量的評価や、3D 技術を用いた設計手法の研究、3D プリント義肢装具と従来義肢装具の特性比較等がみられた。今回の調査は、上記の方法で検索された論文のみを挙げたに過ぎず、研究動向の把握のためには、別途、論文 DB 等で詳細検索する必要がある。

記事に関しては、各種研究プロジェクトのプレスリリース、3D 技術の国内外の動向と課題、スポーツ

用や動物用、演奏など特殊用途用、小児用など話題性のある3Dプリント義肢装具の製作例の紹介などが数多く検索された。3D計測、CAD/CAMを用いた体幹装具、インソール作成が実用段階であるのに対し、3Dプリント技術の義肢装具応用は黎明期であり、社会的な注目も高い状況が示唆された。

#### 【海外】

3D計測に関しては、インソール用のスキャナや、装具用等のハンディースキャナが開発、実用化されていた。また、iPad/iPhoneに専用のアプリケーションをインストールして3Dスキャンする技術が開発されていた。

3Dプリント技術に関しては、フィラメント等が開発されていた。また、高速3Dプリンタが開発されていた。

CAD/CAMに関しては、残存肢のデジタル化や、ソケットの設計製作、インソールの設計製作が進められていた。

3Dプリント義肢装具に関しては、下腿義足カバーのような実用レベルのものから、試験的なものまで、広く製作が行われていた。

研究機関に関しては、国内ではメーカーとの共同開発がみられたが、海外では、低開発国への義肢装具の支援が多く見られた。

論文に関しては、3D計測の定量的評価などが行われていた。

記事に関しては、オープンソース型の開発や、傷痍軍人向けの義肢、開発途上国向けの義肢の提供等がみられた。

#### E. 結論

3D技術に関する国内外のインターネット調査を行い、開発実用化されている3Dスキャン、プリンタ、CAD/CAMや、同技術を用いた義肢装具の製作状況の動向を明らかにした。3Dプリントにおける強度等の課題もみられる一方で、義肢装具製作の一部では、3D計測による身体デジタルデータの取得、CAD/CAMによる体幹装具やインソールの製作、3Dプリント技術による義手パーツや義足カバーの製作等、すでに技術の実利用が進んでいる実態が把握された。また、

iPad/iPhoneが専用アプリケーションを使用して3Dスキャンに利用されていることが把握された。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

無

##### 2. 学会発表

無

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

無

付録表1 国内企業

3D計測技術の提供	3Dプリンタ技術の提供	CAD/CAM技術の提供	サービス	CAD/CAMによる義肢義装具製作						3Dプリンタによる義肢義装具製作(販売)				導入システムメーカー	機関	概要	詳細
				義足	インソール	靴	下肢義装具	体幹義装具	義手	義足	下肢義装具	義足カバー	ORTHEMA社				
															株式会社3D Printing Corporation	3Dプリンティング コンサルティング	コンサルティング、機器選定、データ設計の支援・代行、アフターサポートなど、3Dプリンティングに関わる必要な運用をサポート。美容室のシャンプーボトルをリサイクルして義手を3Dプリント作製。オーストラリアのヘアサロン事例を紹介。
○	○	○	○	○											株式会社RDS	デザイン・製造・研究	ウェアスキー、陸上競技用義足、競技用車いすRDSなどデザイン・性能の高いものを研究開発、製造。3次元測定機を用いた測定サービスを展開。製作したグレイモデルを測定し3D CADデータを作成することも。また、FDM機・粉末造形機・金属造形機の3種類の最新3Dプリンターを導入。ABSなどの樹脂をはじめ、最新の造形機にてアルミやチタンといった金属マテリアルでの造型にも対応。
				○											ヤマトシステム開発株式会社	3Dプリント・配送サービス	オーダーメイド製品や少量多品種生産が必要な事業者向けに、3Dプリンター用のデータ作成から造形、配送までをワンストップで提供するサービス。治療用義肢(義肢装具)の事例[1] 製造時間を大幅に短縮(通常1週間程度が3日程度)することにより、患者様のもとへ約半分の期間でお届けすることができる。[2] 作成した3Dデータをクラウド上で保管することにより、2回目以降の注文にも利用することができ、製造時間の更なる短縮が可能。
○			○	○	○	○	○						○		株式会社バンキフ	義肢義装具製作	Spectra、Scan Gogh II (ハンドスキャナー) → 大腿義足/下腿義足の陽性モデル修正及び製作をCAD/CAMにて行うためのデザインツール。 Body Jacket ソフトウェア 体幹義装具の陽性モデルをCAD/CAMにより設計/製造するシステム。 Seating一座位保持装置や車いす用クッションの産面をCAD/CAMにより設計/製造するシステム。 義肢義装具における陽性モデルやシーティングフォーム等をCAD/CAMシステムを用いて製作。CAD/CAMによるシステムやモジュラーインソールシステム等、3種類のシステムを用いてインソールを製作。 CAD-CAMを用いたオーダーメイドシューズ PDF
○			○												株式会社プロテオールジャパン	フランス プロテオール社グループ	義肢義装具部品・材料をメインに輸入販売。最先端の義肢義装具製作技術Orten 3D/CAD-CAM、スキャナを取り扱い。
○	○														日本3Dプリンタ株式会社	3D技術製品の販売	大型造形ができるRaise3Dプリンター。 3Dスキャナも取り扱い。 e-NABLEコミュニティの義肢製作の事例。
○															株式会社イグアス	3Dプリンタ販売	米国3Dプリンターメーカーである3D Systems社の国内販売代理店。障害を持っていた犬の3D義足を製作。
○	○	○													インスタリム株式会社	義肢義装具製作	3D-CAD、3Dプリンティングおよび機械学習(AI)技術を活用して、低価格・高品質な3Dプリント義肢義装具を製作。 義肢義装具を設計するための専用CADを開発。 3Dプリンタと材料を義肢義装具製造のために開発。 3D技術を活用して製造するための新しい義肢義装具のデザインを開発。 義足製作はフィリピンのみ。
○	○			○											DDD Japan.com	3Dプリンタ販売	3Dプリンター本体に加え、部材や素材など関連商品も多数取り扱い、サポートも提供。
															ナノダックス株式会社	3Dプリンタ用フィラメント	石膏に代わる3Dプリンターによるギプス・義肢・装具製作。国立リハビリセンター・他の国立研究機関共同で、国内3D造形義足の標準規格作成に着手(海外) 3Dプリンタによる装具開発に着手。大手電機メーカーメディカルセンター(海外) 足首の固定用装具として3Dで独自開発。昨年より実際に患者に装着して試験が開始された。 海外の国立リハビリ研究所で義足大腿部カップ3D造形工法の研究・開発と強度評価進行中。 (これ以上の詳細情報なし。)
				○											株式会社岩手テクノ	業務用機械器具製造業	3D機器(3Dスキャナ、プロッタ、プリンタ)の導入により製作コストや作業時間を大幅に削減。職人技術との融合で、よりフィットした製品をより安価に提供。3Dプリント義足。
	○														株式会社 SHC デザイン	デジタルファブリケーションによる少量・個別生産エコシステム研究事業	3D技術を中心としたコンサルテーションや委託設計を中核として、2012年に創業を開始。慶應義塾大学や大手素材メーカーJSR社、横浜商社などをパートナーとして、コアコンピタンスとなる3Dプリンタ技術・3Dモデリング技術の開発、およびノウハウの蓄積を行う。 2014年から、3Dプリンタや3Dプリント義足の基礎技術開発フェーズとしてリソースを研究開発に集中。 2016年度から、3Dテクノロジによる義肢義装具制作ソリューションの提供を目指すスタートアップ企業として、日本を起点とした先進国、フィリピンを起点とした途上国のグローバル・マーケット調査を開始。 2017年度から、デジタルファブリケーションによる少量・個別生産エコシステム研究事業に特化し、臨床制作事業は別事業会社(社名：グイアシスト)として分社運営。
															ゲイトアシスト合同会社	SHCデザインから分社 臨床製作部門に特化した製作所	・各種義足、自助具類製作および修理(医療福祉制度対応) ・3Dプリンターを活用した各種オーダーメイドの義足、義足カバー製作(自費対応) ・義肢義装具、製作情報提供サービス
															全日本空輸株式会社(ANA)	航空会社	SHCデザインが製作する3Dプリント義足を共同開発。義足歩行社員による検証と技術的アドバイス・空港における実証実験・空港でのサービス提供検証・SHCデザインの事業展開時の渡航支援等の協力を行う。



付録表1 国内企業

3D計測技術の提供	3Dプリンタ技術の提供	CAD/CAM技術の提供	サービス	CAD/CAMによる義肢義具製作										3Dプリンタによる義肢義具製作(販売)	導入システムメーカー	機関	概要	詳細	
				義足	インソール	靴	下肢義具	体幹義具	義手	義足	上肢義具	下肢義具	義足カバー						ORTHEMA社
		○															JSR株式会社	エラストマー、合成樹脂など製造	SHCデザインが製作する3Dプリント義足を共同開発。慶應義塾大学SFC研究所ソーシャルアプリケーションラボ(代表・田中浩也教授)と共同開発した3Dプリント用フィラメントFABRIAL®シリーズの提供。
			○														東名プレス株式会社	義肢義具製作	CAD/CAMセンターを持ち、採寸・スキャニング・撮影によりパソコン、ツールマシンを使っのモデル作成・修正、義具の製作が可能。
																	ラビセラ株式会社	デジタル義肢製造支援サービス	JSR、東名プレスでデジタル技術を活用した義肢義具の設計・製造支援サービスを提供する合弁会社を2019.11設立。3Dプリンティングをはじめとしたデジタル技術で義肢義具の設計・製造を支援。
																	ヒューマニック株式会社	義肢義具製作	3Dプリンタを使用してインソールを製作。ベスポーク社の3Dプリンタ製義足カバーも取り扱う。
																	有園義肢株式会社	義肢義具製作	インソール製作システムとしてスイスORTHEMA(オルティマ)社製システムを導入。
																	株式会社小谷義肢	義肢義具製作	ドイツ go-tec社CAD/CAM Systemを導入しインソールを製作。
																	株式会社洛北義肢	義肢義具製作	ドイツPedCad(ペドキャド)社のCAD/CAMシステムを導入し、インソールを製作。トリッシュャムモデルそのままの形状を3次元データとして取り込み、CAD画面上で修正後、専用のトミングマシンで切削。
																	有限会社POライフ	義肢義具製作	インソールの計測・設計・製作に、ドイツのオルティマ(ORTHEMA)社製のインソール CAD/CAM システムを採用。
			○														有限会社大阪義肢	義肢義具製作	CAD/CAMによるインソール製作。インソールの設計技術が強み。インソール製作の効率改善とコスト低減に向け、CAD/CAMメーカーともソフトウェアの改良を進める。
																	株式会社田村義肢製作所	義肢義具製作	インソール用CAD/CAMシステムgo-tec導入。
																	大坪義肢製作所	CAD/CAMによるインソール製作	go-tec CAD/CAM system という機械装置を導入。インソールや陽性モデルの設計から切削まで。
																	株式会社津村義肢製作所	義肢義具製作	P&O CAD/CAM。製作過程を分析し、数値化・自動化が可能な作業をCAD/CAMにより自動化することで作業効率の向上・省力化を実現。より早く製品を届けられ、早期リハビリテーションにも貢献。ORTHEMA社製のシステムによるインソール製作。
																	株式会社佐々木義肢製作所	義肢義具製作	P&O CAD/CAM動画を紹介。義肢義具用のCAD/CAMシステム(VORUM社製)を導入。インソール用に、ORTHEMA(オルティマ)社製のシステムを導入。体幹義具、短下肢義具、インソールなど製作。
																	株式会社北義肢製作所	義肢義具製作	Vorum社のCanfitを使用。3Dスキャナー・形状修正ソフトウェア・自動カバーにより解剖学的に正確な形状修正が可能。Vorum社Canfit(体幹義具) go-tec(インソール) capron(インソール)
																	株式会社松本義肢製作所	義肢義具製作	体幹義具の製作。CAD/CAMシステム(VORUM社製)を導入することで、一部の義具製作のデジタル化。データを蓄積することで品質の均一化を行い、納期の短縮にも貢献。
																	川村義肢株式会社	義肢義具製作	CAD/CAMによる体幹義具製作。
																	ダイヤ工業株式会社	3Dプリンタによる義手パーツ製作	産・官・学との連携で、大阪工業大学とFinchを開発。3Dプリンタによる義手パーツ製作。
																	exiii株式会社	電動義手開発	3Dプリンタで出力し簡単に作れる電動義手HACKberry。設計と製造ノウハウを世界に公開。設計データ公開。
																	株式会社近畿義肢製作所	義肢義具製作	広島大学との共同研究で、3Dプリンター製高機能筋電義手を開発。
	○																株式会社ケイズデザインラボ	3D計測による競技用義足の開発	「競技用義足への3D人体計測応用技術の開発」プロジェクトが「次世代イノベーション創出プロジェクト2020助成事業」に採択。ミズノ、今山技術研究所と共に競技用義足を開発。
			○														株式会社エリジウム(ELYSIUM)	3Dデータ変換・処理ソリューション	3Dプリンティング(Additive Manufacturing(AM)技術)を活用した、「美しい」競技用義足の製作を目指し、東京大学生産技術研究所を中心として進められているMIAMIプロジェクトに参加。3Dデータ処理に関する実績を元に、義肢義具士が利用する新しい設計ツールの研究・開発を実施。3次元形状処理とデータ変換の技術をベースにパッケージソフトウェアを企画・開発。
	○	○															株式会社 アスペクト	AM装置の開発・販売・保守	MIAMIプロジェクトに参加。AM装置を用いた受託造形サービス(モデリングサービス)。

付録表2 国内研究機関

	機関	概要	詳細
1	神戸医療福祉専門学校 義肢装具士科	義肢装具士養成の専門学校	「3Dプリンターで何が作れるの?」「3Dプリンターで作る義足の可能性とは」「義肢装具士におけるCADオペレーター-の存在とは」などサイトで情報を発信。
2	東京大学 生産技術研究所 AMプロセス&デザインセンター	MIAMI	AM技術による義足の開発。製造力:スーパーエンブラ等加工可能材料種の拡大、製品力:人体にフィットする高付加価値製品の研究開発、設計力:最適な構造設計と美しいデザインを実現するCADツールの開発の3つの力を向上し、AMを基板加工技術とするための総合的ものづくりの創出を目指す。
3	Mission ARM Japan	上肢障害者のためのコミュニティとなるNPO法人	FRISK JOURNAL記事より。 Exiii(株)でHACKberryを開発した近藤氏が理事を務める。上肢障害に関する情報収集・提供及び調査研究、上肢障害者向けの生活用品などを企画開発、販売。
4	広島大学大学院 工学研究科	高機能筋電義手の開発	辻敏夫教授と古居彬氏らの研究チーム、兵庫県立福祉のまちづくり研究所、近畿義肢製作所との共同研究。独自の筋シナジー理論に基づく動作識別法とインピーダンスモデルに基づくバイオメトリック制御法により、高精度かつ滑らかな動作を実現可能な筋電義手制御法を開発。各指の独立した単一動作のみをシステムに機械学習させるだけで、学習を行っていない多様な組み合わせ動作の制御に世界で初めて成功。3Dプリンタ製パーツ、制御用マイクロコンピュータを採用することで、安価かつコンパクトな高機能筋電義手を実現。
5	兵庫県立 福祉のまちづくり研究所	広島大学と筋電義手の共同開発	マイクロコンピュータを搭載したインテリジェント義足の開発、成人用・小児用筋電義手の研究、コンピュータ・シミュレーションを駆使して短下肢装具の研究など。
6	新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 義肢装具自立支援学科	3Dスキャナー・3Dプリンタによる義肢装具製作を研究	3D技術の活用で広がる義足の新たな可能性とは! ? 3Dスキャナと3Dプリンタを用いた義足適合に関する工学的研究として従来の方法で製作した義肢装具と3Dプリンタで製作した義肢装具の強度試験を実施。3D機器を用いた適合性の良い義足ソケットの設計方法について研究。
7	横浜国立大学 サイバーロボティクス研究室 (加藤研究室)	「学習機能を有する筋電義手」共同開発	FINDERS記事より。 上肢欠損者の運動機能を代替する筋電義手や手指麻痺リハビリのための外骨格型パワーアシスト装置の開発など、人とロボットの融合学問(Cyber-Robotics)の医療・福祉・リハビリ応用に関する研究に取り組む。
8	電気通信大学 知能機械工学科 先端ロボティクスコース(横井研究室)	「学習機能を有する筋電義手」共同開発	FINDERS記事より。 上肢切断者のための電動筋電義手を研究開発。電動筋電義手に必要なハンド機構、制御、人工知能、筋電センサ、装飾手袋の開発。
9	国立成育医療研究センター 臓器・運動器病態外科部	成育医療病院・研究所・臨床研究センター併設の国立研究開発法人	FINDERS記事より。 高山真一郎医師「学習機能を有する筋電義手」横浜国立大学、電気通信大学、電動義手の会と共同開発。
10	電動義手の会	「学習機能を有する筋電義手」共同開発 筋電義手の製造販売	FINDERS記事より。 筋電義手のフィールドテストとプロダクト改良を実施。製造を請け負う。上肢切断者のための電動義手をはじめとした知能機械による義肢装具の開発及び製造、販売。
11	大阪工業大学 工学部 ロボット工学科 アシスティブ デバイス研究室	「Finch」を共同開発	日経XTECH記事より。 「日常生活の道具として気軽に使える電動義手」をテーマに3Dプリンターで作る”3本指”の電動義手「Finch」をダイヤ工業(岡山県岡山)、河島則天氏(国立リハビリテーションセンター研究所 神経筋機能系障害研究室 室長)、山中俊治氏(東京大学/慶應義塾大学)と共同開発。 ロボット工学、情報科学、デジタルファブリケーションツール(3DCAD、3Dプリンタ、3Dスキャナ)を駆使し、障害のある方の生活を支援する福祉機器を研究開発。小児用の小型Finchや電動肘も現在開発中。筋隆起センシングにより操作する対向3指の電動義手Finch、3Dプリンタを活用したリアルな外観の義手Rehand、湾曲型空気圧人工筋で駆動する5指義手F3Handなど。

付録表3 国内論文等

種類	書誌情報	概要	詳細
1 論文	浅見豊子. 義肢装具における 3D プリンターへの活用. 日本リハビリテーション医学会誌. 2017, vol.54, no.5, p.392-393.	義肢装具における 3D プリンターへの活用	3Dプリンターは情報を踏まえて実体を作り出すため、個人のニーズや嗜好を表現できる。医療にもコストパフォーマンスが求められる今、3D プリンターへの活用は、義肢装具製作における新しい大きな変革を生み出すものと思われる。
2 論文	高橋 篤, 石谷拓也, 山崎一史, 毛利孝裕. 3Dプリンティング技術の福祉機器への適用及び評価技術の開発. コニカミノルタテクノロジーレポート. 2019, vol.16, p.131-135.	3Dプリンティング技術の福祉機器への適用及び評価技術の開発	樹脂3Dプリンターによる最終製品の製造は、強度、生産性などに課題。課題を解決し、製造プロセスデジタル化の実現を目指すため短下肢装具における適用を検討。従来工法の装具、3Dプリンター製の装具について機械特性についての定量評価、及び設計要素の効果を評価。3Dプリンターの現状レベルを把握し、実用化への課題として剛性不足を抽出した。
3 論文	田中真美. 特集. 3Dプリンターと義肢装具開発: 3Dプリンター用のデータ作成. 日本義肢装具学会誌. 2016, vol.32, no.3, p.172-176.	3Dプリンターと義肢装具開発 3Dプリンター用のデータ作成	現物の形状測定による形状データの作成と3Dプリンター入力用データであるSTLデータの修正を中心に、三次元造型を行う際の一連作業の紹介。
4 論文	宮里慧, 鈴木翔太, 若山俊隆, 中村隆, 星野元訓, 山崎伸也, 米村元喜, 吉澤 徹. 義肢ソケットの三次元適合評価に関する試み. 2014年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集. 2014, p.873-874.	義肢ソケットの三次元適合評価に関する試み	三次元プローブカメラによる義肢ソケット内面の形状測定とそのマッチングまでの報告。三次元デジタルライザを導入して患者の断端を三次元測定し、義肢ソケット内面の三次元測定結果とマッチングさせながら、適合評価に役立てていく。
5 論文	服部公央亮, 田口亮, 梅崎太造, 中村隆, 鈴木光久, 林真司. 低価格三次元計測器とレーザー焼結機を用いた簡易義足の造形. 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2010講演論文集. 2010, p.324-327.	低価格三次元計測器とレーザー焼結機を用いた簡易義足の造形	プロジェクタとカメラにより構成された安価な三次元計測器を用いた義足の採型について検討した。三次元計測器により採型を行うことで、作業時間を低減して患者の身体的負担を和らげることが可能である。さらに、コンピュータ上でモデル修正を行い、レーザー焼結法造形装置によりナイロン樹脂を造形することで、簡易義足を一体成型できることを確認した。
6 論文	山中俊二, 仰木裕嗣, 臼井二美男. 障害者スポーツのための義肢装具のデザイン及び設計製作手法の研究. 2014~2017科学研究費助成事業研究成果報告書. 2018.	障害者スポーツのための義肢装具のデザイン及び設計製作手法の研究	義足アスリートの既存の義足を三次元計測。その結果を基に競技に最適化してデザイン、ドライカーボンの三次元成型を駆使して試作。強度試験を行い、競技での使用に耐える義足のデザイン開発。三次元計測と三次元設計システムを用いた義足のデザイン手法を確立。
7 論文	吉川雅博. 3Dプリンタで製造する3指電動義手. 日本義肢装具学会誌. 2016, vol.32, no.3, p.154-159.	3Dプリンタで製造する3指電動義手	軽量・低価格で作業性と操作性に優れた3指電動義手「Finch」を実用化した。把持安定性の高い3指をシンプルな機構で制御することによって、高い作業性を実現し、3Dプリント技術も活用することで、軽量・低価格化を図っている。
8 卒業研究	田端いずみ, 丸山貴之, 星野元訓. 下腿義足の外装における周径調整の必要性の検証～3D造形技術を用いて～. POアカデミージャーナル. 2018, vol.26, Suppl, p.206-207.	下腿義足の外装における周径調整の必要性の検証 ～3D造形技術を用いて～	健常者を対象とし、下腿形状を3Dスキャナー (ArtecEVA:Artec社)にて3Dデータ化し、外装を模擬した造形物を製作。生体と同じ周径のものと同異なるものを製作し、生体との比較評価実験を行い、生体と最も同じに見える周径調整量を検証。
9 論文	郷貴博, 須田裕紀, 前田雄, 東江由起夫, 田村真明, 高橋篤, 石谷拓也, 山崎一史. 3D スキャナーを用いた下腿義足ソケット設計の取り組み～第3報 採型手技による断端形状の変化について～. 新潟医療福祉学会誌. 2018, vol.18, no.1, p.41.	3Dスキャナーを用いた下腿義足ソケット設計の取り組み ～第3報 採型手技による断端形状の変化について～	下腿切断者を対象として①切断端および②採型より得られた陽性モデルについて3Dスキャンを行い、両者の三次元形状を比較することで採型手技が断端に与える形状変化を分析し、義肢装具士の採型技術を定量的に明らかにする。
10 卒業研究	吉原圭亮, 館野寿丈. 足底装具の設計に向けたWeb-based 3D-CADに関する研究. 第23回「精密工学会 学生会員卒業研究発表講演会論文集」. 2016, p.13-14.	足底装具の設計に向けたWeb-based 3D-CADに関する研究	義肢装具士が個人向けの足底装具設計のために3D-CADを用いるには、既存のものでは操作が難しく、専門的スキルが必要でコストがかかる。3D-CADの知識がなくても直観的に、簡単に操作できるアプリケーションを作ること、低コストで足底装具のMass Customizationを可能にすることを目的とする。
11 セミナー報告	嶺也守寛, 藤森聡, 佐藤真一, 山本文晴, 大谷直史, 深町朋弘. 3次元CADによる下肢装具政策と能力開発セミナーへの試み. 技能と技術. 2002, vol.5, p.56-59.	3次元CADによる下肢装具政策と能力開発セミナーへの試み	従来の下肢装具製作手法とは違い、接触型測定機を利用し物理モデルからデジタルデータ化を行い光造形機にて試作。また、CADデータをもとに応用集中解析を行い、歩行時における下肢装具の応力部位について検証。3次元CADを使うことでより柔軟な対応ができる下肢装具製作手法ができる。



## 付録表4 国内記事等

種類	情報元	概要	詳細	
59	書籍	ホッド・リブソン、メルバ・カーマン	2040年の新世界: 3D プリンタの衝撃	3Dプリンタの解説にとどまらず、どのようなイノベーションを巻き起こすのかを描く。
60	書籍	野村総合研究所	ITナビゲーター2014年版	3Dプリンタは未来をどう変えるのか。市場攻略に役立つ2018年までの動向を完全網羅。
61	書籍	クリストファー・バーナット	3Dプリンターが創る未来	3D技術のしくみや、製造業での応用例、個人のものづくり、臓器の製造などのハイブリディング、地球環境問題の対策まで。
62	記事	greenz	義手の世界で「表現業」を実現したい！アンドロイドのような電動義手「handii」の生みの親・近藤玄大さんに聞く、これからのものづくり	腕の一部が失われている人の腕の筋肉の動きによって動く義手「電動義手」を、3Dプリンターを使ってつくることに取り組む近藤玄大氏インタビュー記事。
63	記事	moguraVR	義肢製作を助けるVRつーる「OrthoVR」	低コストな3Dプリント技術の登場で、使う人に合わせた義足を、従来より短期間で作ることが可能だが、問題は、3D設計は複雑で習得が大変なこと。VRを使えば、3D設計をより直感的な作業にして、義肢装具士の経験と勘を活かした3Dプリント義肢製作を実現できる可能性がある。OrthoVRは、Nia TechnologiesがVR for Impactイニシアチブの支援により、VRスタートアップのGradient Space、トロント大学のCritical Making Lab、CBM Canadaと共同で開発を進めているツール。
64	記事	株式会社RAKUDO	海外の義手作製ボランティアサイトについて	海外では義手作製ボランティアサイトがあり3Dプリンターを使って、世界各国の子どもたちに義手をプレゼントしている。E-Nableを紹介。
65	記事	TABI LABO	義手を手にした喜びを、同じ境遇の子どもたちへ	3Dプリンターで義手を製造するLABで息子の義手を作製。以降、自ら資金を集め無償で手のない子どもたちにプレゼントしている。
66	記事	VISIONGRAPH	人体の未来: "Open 3D Body" SXSW2016 Session 実録長編レポート	イヴァン・オーウェン氏、近藤玄大氏のセッション。オープンソースの電動義手HACKBERRYについて。
67	記事	Livedoor NEWS	尻沢朗美が走り幅跳びで東京パラ内定。素顔は研究熱心な「質問魔」だ	小学5年生から義足生活の尻沢朗美、日本大陸上部で才能が開花。転機となったのはアウト・ボックス社が主催するランニングクリニックでポポフ氏の指導を受けたこと。
68	記事	Newsweek	3Dプリンターでシリアの戦場に義肢を	ロボハン創設者ハンズ氏がシリアのナショナル・シリア義肢プロジェクト(NSPPL)診療所に3Dプリンタなど義肢製作の装置を設置し技術指導も。シリア内戦で手や脚を失った人々は2万人近くになる。
69	記事	Current Awareness Portal	3Dプリンターで少女の手に義手を(米国)	E-NABLEのウェブサイトで見つけ、図書館のイノベーションラボで製作。
70	記事	日刊ゲンダイDIGITAL	感動！チェロ奏者志望の片腕の少女に教師と生徒が義手を製作	アメリカの高校で義手の製作は絶好の教育機会になる3Dプリンタを使い、少女のためにチェロを弾くのに適した義手を完成させた。
71	書籍	総合リハビリテーション23巻11号	特集 下腿義足	CAD/CAMIによる下腿義足の製作。
72	記事	ゴム報知新聞	JSR、東名プレスと合併会社を設立	デジタル技術を活用した義肢装具の設計・製造支援サービスを提供する合併会社、ラビセラ設立の記事。
73	記事	NHK	「ドバイコレクション2019」パラ陸上世界選手権編	パラリンピック特約なのが、義肢(義足や義手など)やアイマスク、車いすなどの道具。以前は、無機質なものをやぼったいものが多かったが、選手によっては、オシャレアイテムの一部に、個性が生まれた道具を紹介。
74	記事	日刊ケミカルニュース	JSR、東名プレスとデジタル装具製造支援で合併会社	デジタル技術を活用した義肢装具の設計・製造支援サービスを提供する合併会社、ラビセラ設立の記事。
75	記事	TechCrunch	AI活用の3Dプリント義足で「義足を持っていない患者」救出へ、インスタリムがフィリピンで実証実験を開始	義足の開発に3D CAD (3Dモデリングソフト) や3Dプリンタを活用。初期は仮ソケットの修正時に専門家の手が必要になるが、ある程度のデータが貯まってきた段階で徐々にその部分をAIに移行。従来の約10分の2のコストで、かつ短期間で納品することを目指している。
76	記事	OGメディック	義肢をつくる新しい技術！4DプリンタやAIを用いるメリットを解説	参考文献のリンク多数あり。義肢の課題として製作費用が高い、また金属製の場合時間がかり納び、金属探知機の反応などの心配もある。4Dプリンタによる義肢は、使いやすさは劣らず、デザインや価格、提供スピードなどは勝っている。JSR、インスタリム株式会社、SHCデザイン、ゲイトアシストなど。
77	記事	SankeiBiz	3Dプリンターで義足製作 価格10分の2 日本のベンチャー、フィリピンで創業	インスタリムの紹介。
78	記事	4DPidarts	インスタリムは3Dプリント義足の製品化に向けた実証実験をフィリピンで開始	インスタリムの紹介。
79	記事	ShareLab NEWS	世界初となる3Dプリント義足事業。総額8,400万円を調達し、フィリピンにて開始	インスタリムの紹介。
80	報告書	JETRO	「フィリピンにおける3Dプリント義足製作ソリューション事業化可能性検証事業」	インスタリムの事業報告書。
81	記事	MONOist 3Dプリンタニュース	3Dプリント義足の製品化に向けた実証実験をフィリピンで開始	インスタリムの事業紹介。
82	報告書	平成17年度大学発・大企業発ベンチャー創出促進	協力隊を育てる会 帰国隊員支援プロジェクト プロジェクト報告書	フィリピンでのプロジェクト。
83	記事	糖尿病ネット	軽量で安価な義足、「3Dプリント義足」を共同開発へ	SR株式会社と全日本空輸株式会社(ANA)は、株式会社SHCデザインが製作する『3Dプリント義足』の実用化に向け共同開発していくことを発表。
84	記事	SankeiBiz	3Dプリンターで作る義足の可能性とは義足製作 価格10分の1 日本のベンチャー、フィリピンで創業	インスタリムの事業紹介。
85	記事	fabcross	インスタリム、3Dプリント義足事業をフィリピンにて開始	インスタリムの事業紹介。
86	記事	3DP id.arts	インスタリム、3Dプリント義足事業をフィリピンで開始	インスタリムの事業紹介。
87	記事	THE WALL STREET JOURNAL	3Dプリンターで「雪駄はける義足」が実現	SHCデザインのソフトウェアが顧客の健康な方の脚と希望する履物をスキャンして作ったテンプレートに従い、3Dプリンターが義足を出力する。SHCデザイン、JSR/ANA、ドイツのアウト・ボックス、サンフランシスコのUNYQ、アイスランドのオズールなど各企業の取り組みを紹介。2016.9.14
88	記事	キャド研	3D義足スタートアップのインスタリム、世界初となる3Dプリント義足事業をフィリピンにて開始！	インスタリムの紹介。
89	記事	THE BRIDGE	3D義足スタートアップのインスタリムが慶応イノベーション・イニシアチブなどから資金調達、義足事業をフィリピンにて開始	慶応イノベーション・イニシアチブおよびディーブコからの第三者割当増資の実施を公表。
90	記事	HERO X	3DプリンティングとAIの機械学習。先端技術で義足の価格を1/10に！	インスタリム徳島氏インタビュー記事。テクノロジー・医療・福祉・スポーツ・プロダクトなどのカテゴリーで記事を掲載。
91	記事	産経新聞 THE SANKEI NEWS	3D義足スタートアップのインスタリム、慶応イノベーション・イニシアチブ、ディーブコから総額8,400万円を調達し、世界初となる3Dプリント義足事業をフィリピンにて開始	インスタリムの事業紹介。
92	記事	IID世田谷ものづくり学校	世界初となる3Dプリント義足事業をフィリピンにて開始	IID世田谷ものづくり学校に入居しているインスタリムの紹介。
93	記事	LoveTechMedia	インスタリム、世界初3Dプリント義足事業加速に向け資金調達実施&フィリピン現法設立	インスタリムの事業紹介。
94	記事	JETRO	フィリピンに義足を届ける。3D技術で踏み出す一歩	インスタリムの事業紹介。
95	記事	PR TIMES	3D義足スタートアップのインスタリム、慶応イノベーション・イニシアチブ、ディーブコから総額8,400万円を調達し、世界初となる3Dプリント義足事業をフィリピンにて開始	インスタリムの事業紹介。
96	記事	東大IPC	東大IPC起業支援プログラムに採択された起業家のストーリーアーカイブ	第2回東大IPC起業支援プログラムに採択されたインスタリム株式会社の徳島CEOインタビュー記事。
97	記事	エコノミストOnline	徳島義インスタリム代表 3Dプリンター製の義足を新興国に	三次元モデルを使った設計を行い、従来価格の10分の1程度に抑えた義足を製作。フィリピンでの実証実験を経て、新興国を中心とした事業展開に着手する。
98	記事	PR TIMES	インスタリム、世界初の3Dプリントぎそくの製品化に向けた実証実験を開始	フィリピンにて実証実験を開始。安全面などを最終検証のうえプロダクトを完成させ、2019春に事業開始予定。2018/07
99	記事	conectando	3D義足スタートアップのインスタリム、慶応イノベーション・イニシアチブなどから資金調達、義足事業をフィリピンに	インスタリムの事業紹介。
100	記事	ASCIII STARTUP	低コスト3Dプリント義足の実証実験をフィリピンにて開始	インスタリムの事業紹介。
101	記事	PARTNER	CTO候補【国際貢献を目指す日本発ものづくりスタートアップ】	青年海外協力隊のインスタリム求人。
102	記事	マイナビニュース	インスタリム、3Dプリント義足の製品化に向けた実証実験をフィリピンで開始	インスタリムの事業紹介。
103	シンポジウム	日本義肢装具学会	第35回日本義肢装具学会学術大会 シンポジウム2	医療・リハにおける義肢装具3Dデジタル技術革命の到来-導入に向けた現状の課題2019- 東江由紀夫、浅見君子、飛松好子、児玉義弘、奥野雅大、坂井一浩、秋山仁。

付録表5 海外企業

	3D計測技術の提供	3Dプリント技術の提供	CAD/CAM技術の提供	サービス	CAD/CAMによる義肢器具製作										3Dプリンタによる義肢器具製作(販売)	導入システムメーカー					機関	国名	概要	詳細			
					セントラルファブリケーション	3Dプリントコンサルティングシステム	材料	義手	義足	インソール	靴	下肢装具	体幹装具	義手		義足	上肢装具	下肢装具	義足カバー	ORTHEMA社					RODIN社	VORUM社	GOTEC社
1	○	○																					Afina3D	米国	3Dプリンター、3Dスキャナー、関連商品、付属品販売	3Dプリンター、スキャナー、付属品の販売。EinScan ProおよびPro 2Xシリーズのハンディタイプは数秒で人間の足をスキャンし、データを迅速に処理、カスタマイズ、3Dプリントできる。	
2									○															Cornerstone Prosthetics & Orthotics	米国	義肢製作	CAD/CAMを用いたファイバークラスモールド、レーザースキャニングを使用して製作。義肢ソケット内にある残存肢の全負荷を記録するSymphonie Aqua Systemにより正確なソケットキャストの製作が可能。かかとの衝撃を吸収するCornerstone Dynamic Bracing、残存肢の安定性を高めるHiFiインターフェースソケット、拡張可能な人工膝のCrossOver Extensible Knee、5本の指個別に電気が供給されるi-limb義手などを製作・販売。
3					○				○	○														Vorum	カナダ	義肢器具製作	30年以上前、カスタム義肢、装具、靴のCAD/CAMを開発し、現在までに、800以上のクリニック、病院、セントラルファブリケーターの生産性の向上と、サービス向上を支援してきた。患者のスキャン、手動計測から始め、最終段階では、修正用テンプレートによるデザインと患者の3Dスキャンデータを結合させ最終的なデザインを作成。計測アプリケーションによるデザインは様々な装具や座位保持装置、立位保持装置に利用可能。モールドのデザインも行う。Essentiumとパートナーシップを結び高速3Dプリンターを開発。
4								○	○															Alabama Artificial Limb & Orthopedic Service Inc. (AALOS)	米国	義肢器具製作、CAD/CAM開発	患者の残存肢を直接デジタル化し、正確なコンピューター画像を作成するトレーサーCAD(Tracer CAD)を開発、画面上の3Dモデルにより、設計および調整、PDIカーバー(PDI carver)、トレーサーCADの併用によりソケット製作の速度と精度が大幅に向上。
5									○															Boston O&P	米国	義肢器具デザイン・製作	フランスのRodin4Dと協力し、Rodin4D CAD/CAMシステムを開発。側彎症、斜頭症などの子供たちのために、義肢器具をデザイン・製作。下肢装具は短下肢装具、長下肢装具など、義足は大腿義足・下腿義足、装飾用義肢・指も扱う。
6		○	○	○																				Instalimb (フィリピン現地法人)	日本 (フィリピン)	義肢器具製作 インスタリム(株)の現地法人	AIと義肢器具製作専用の3D-CADソフト、義肢器具製作専用の3Dプリンターを組み合わせ、自動設計による義肢器具のカスタム量産ソリューションを開発。下腿義足のカスタム量産ソリューション開発を終え、フィリピン大学、フィリピン総合病院と共同で、患者を対象にパイロット研究を行い医学的成果を得ている。
7																								Summit O&P	米国	義肢器具製作	CAD/CAMによりBioSculptorおよび構造センサーシステムを使用した3D形状画像を作成。上腕義手、大腿ソケット、下腿義足、足首義足のほか、スポーツ義肢、老人用軽量義肢などを製作。
8																								Nia Technologies	カナダ	非営利の社会的企業 義肢器具製作	途上国の5歳から25歳の児童・若者を対象とし、トロント大学と協力して活動。ソフトウェアのNiaFit、設計、3Dプリンターなど製作に必要なすべてのツールを含む3D PrintAbilityというツールチェーンを開発。
9									○															Ohio Willow Woods	米国	義肢器具製作	CAD用のソフトウェア、オメガソフトウェアを使用し、スキャンした画像を基に短下肢装具、大腿義足・ソケット・ライナーをデザイン・製作。
10		○	○																					DSM	米国など	デザイン・素材・技術の提供	3Dプリンターの技術、マテリアル、アプリケーション等を提供し、メーカーが製品を設計および製造する方法を支援。

付録表5 海外企業

	3D計測技術の提供	3Dプリンタ技術の提供	CAD/CAM技術の提供	サービス				CAD/CAMによる義肢装具製作							3Dプリンタによる義肢装具製作(販売)	導入システムメーカー						機関	国名	概要	詳細		
				3Dプリンタ材料システム	セントラルファブリケーション	3Dプリンティング	義手	義足	インソール	靴	下肢装具	体幹装具	義手	義足		上肢装具	下肢装具	義足カバー	ORTHEMA社	RODINN社	VORUM社					GOTEC社	PedCad社
11																							UNYQ	米国	義足ソケット、カバーの製作販売	3Dプリントされたパーツで製作し、コスト削減。ソケットに、歩数や消費カロリーなど活動を記録するセンサーを搭載。義足カバーはIOSのデバイスを使い、個人でデザイン。UNYQのサイトで色やデザインを決め、アプリケーションをダウンロードし、写真を撮り、測定、注文が可能。	
12	○	○	○	○																				CAD/CAM Services	米国	CAD/CAMの技術の提供	3Dプリンタの技術、マテリアル、アプリケーション等を提供し、メーカーが製品を設計および製造する方法を支援。
13	○	○																						Artec3D	ルクセンブルク	ハンドヘルド・ポータブル3Dスキャナー、3Dソフトウェア販売	工業用3DスキャナーのSpace Spiderは、小さなオブジェクトや複雑なジオメトリをキャプチャし、Artec Evaはより大きなオブジェクトを速度と精度の両方でスキャン。スキャニングサービス、プリンティングサービスも行う。
14		○	○		○																			Javelin	カナダ	3Dプリンター、3Dスキャナー販売	Stratasys 3Dプリンターとその付属品、Artec 3D スキャナー、3D CAD用Solidworksソフトウェアを販売。
15																								Mecuris GmbH	ドイツ	義肢装具製作	Dassault Systemes(フランスのソフトウェア会社)のSolidWorks 3-Dプリントソリューションを使用して義肢を開発。子供用義肢Mecuris FirStep、防水性義肢NestStep、低～中程度の速度での歩行に適した義肢ComfyStepなどを製作。装具、膝下義足カバー、装飾用部分義足も提供。
16	○																							Occipital,Inc	米国、スペイン	3Dスキャナー販売	家庭用から工業用までの3DスキャナーStructure sensorと付属品を販売。アプリケーションをインストールしたiPadを使って体のパーツの3Dモデルをキャプチャ。
17									○															LimbForge	米国	義肢製作、ソフトウェア、デバイス開発	主にCAD ソフトウェアを開発。発展途上国に対し義肢を製作・提供。ソフトウェア、デバイスを開発し、カスタムメイドされ高品質で安価なデバイスを製作。
18	○	○																						Ultimaker	オランダ	3Dプリンター、3Dプリントソフトウェア、プリント素材販売 3Dプリント義手Open Bionic handの研究開発	全ての部品が3DプリントのOpen Bionic handを開発。指は柔軟な熱可塑性ポリウレタンを使用して一体でプリント、より剛性が必要な他のパーツはポリ乳酸でプリント。
19		○																						Raised3D	米国	3Dプリンター、付属品、ソフトウェア、フィラメント販売	デュアル押出機、高解像度3DプリンターのRaised3D proシリーズ、大型造形のPro2 Plus、ソフトウェア、フィラメント等を取り扱う。
20	○	○																						PVA	米国	3Dプリンター、3Dスキャナー、義足カバー販売	スキャン装置Structure Sensor ScannerはiPadPro®と組み合わせることで正確な3Dスキャン画像が得られ、ソフトウェアに簡単にアップロードできる。修正ソフトウェアのRapidPlaster®、Emergence PRO™3Dプリンターも取り扱う。義足カバーはオンライン注文。
21																								Synergy Prosthetics, Inc.	米国	義肢製作	3Dスキャナー、3Dプリンターを使用し、義肢の製作・販売を行っている。
22										○														Brownfield	米国	義肢装具製作	義肢装具製作のBrownfield'sと3D技術をもつIntermountain 3Dが様々な機能を持った義肢を共同開発。例えば、水泳選手のための義足 (swim leg)や骨盤の部分から足を失った人のカーボンソケット・らせん状股関節・マイクロプロセッサ制御の膝足首システムが一体となった義肢など。
23																								LIMB-Art	英国	義足カバーのデザイン・製作	HPの3Dプリンター、Multi Jet Fusionを使用して義足の足カバーを製作販売。様々な色とアート性に富んだカバーをデザイン。

付録表5 海外企業

	3D計測技術の提供	3Dプリント技術の提供	CAD/CAM技術の提供	サービス		CAD/CAMによる義肢装具製作					3Dプリンタによる義肢装具製作(販売)					導入システムメーカー					機関	国名	概要	詳細			
				3Dプリンティング	センタリケーション	インソール	靴	下肢装具	体幹装具	義手	義足	義足	義足	義足	義足	義足	義足	義足	義足	義足					ORTHEMA社	RODIN社	VORUM社
24																						Sandhills Orthotics & Prosthetics	米国	義肢装具製作	義肢ソケット設計に3Dデジタルスキャン技術を使用。小児用のDAFO、短下肢装具、トランクサポート、外科靴も製作。足の任意の場所とつま先のフライアデバイス(補強のための詰め物)を含む、上肢・下肢のカスタム義肢、ソケットを製作。		
25																							Orthologix Orthotic	米国	ソケット、義手設計・製作	Omegaデジタルイメージングシステム(CAD/CAM)を用いて残存肢を3Dスキャンし、ソケットを設計・製造。	
26	○	○																					Shining 3D	中国	3Dスキャナー、3Dプリンター、CAD/CAMソフトウェア販売	多機能ハンディスキャナーEinScan Pro、Pro 2Xシリーズ、デスクトップ3Dスキャナーを販売。データはCADソフトウェアのSolidに送られ、カスタマイズされた3DモデルはEP-P3850 SLS 3Dプリンターでプリントされる。EP-A、EP-Mシリーズの3Dプリンターも販売。	
27			○																				Orthema Group	スイス	CAD/CAMによるインソール製作	CAD/CAMを用いてインソールを製作。	
28																							Bespoke Innovations	米国	義足カバーのデザイン・設計・販売	人体の形状を模倣するように設計された義足カバーをデザイン・設計。スキャナーを使用して足の形状をキャプチャし、CADソフトウェアを使用して画像を調整および反転し、一種の複製の仮想脚を作成し、3Dプリンターでプリントする。	
29																								Hagen Orthotics and Prosthetics, Inc	米国	装具製作	3Dスキャン、プリンティング、CNC機械加工まで最先端技術で下肢装具、下肢装具(短下肢装具、長下肢装具)等を製作・販売。
30																								ProsFit	ブルガリア	義肢装具製作	PandoFitと呼ばれるソフトウェアソリューションを提供。義肢装具士が3Dスキャンを行い、画面上にカスタム リム ソケットを作成。デザインが完成すると、3Dプリントを使用してソケットを製作。
31																								Advanced Prosthetic Design LLC	米国	義肢製作	最新のCAD/CAMテクノロジーを使用して義肢を製作。構造スキャナーはモバイルデバイス用の3Dセンサーであり、赤外線構造化光を使用して、CADソフトウェアによって生成されたオブジェクトを3D画像としてキャプチャ。Tリングは、4つの同期されたデジタルイメージャーと4つのプロジェクターにより、1秒未満で形状をキャプチャし、患者の四肢に線を投影。
32																								Open Bionics	英国	筋電義手、デザインカバー開発・製作・販売	英国プリストルを拠点とし、軽量で低価格の3Dプリントされた筋電義手ヒーローアームを開発。米国、英国、ヨーロッパ、オーストラリア、NZで肘下切断者と8歳以上の子供向けに提供。アーム内の特別なセンサーが筋肉の動きを検出し、本物の腕を動かすようにコントロールできる。
33																								Protosthetics	米国	義肢装具製作FDA登録医療機器施設	3DプリンティングとCAD / CAM製造。義肢ソケット、水泳用義足、ナイアガラフット(足首義足)、義足カバー、人工膝関節、下肢装具、AFO、腰仙部装具などを取り扱う。
34																								CASCADE	米国	短下肢装具、インソール製作	主に子供を対象にした装具・インソールを設計・製作・販売している。著名な理学療法士のNancy Hiltonの協力で薄く、柔軟な装具を開発した。医師(practitioner)は患者の足の型をとり、その型を3Dスキャンする。その3DデータをCASCADEに送る。3Dデータから製作するオーダーメイドの製品あり。
35																								TechMed 3D	カナダ	人体測定用3Dスキャナー、ソフトウェア販売	Techmed 3Dは義肢装具、カスタムメイドの機器業界、形成外科医に向けて人体用3Dスキャンのソフトウェアを販売。Msoftシリーズや3Dスキャンを制御・最適化するiPad/iPhoneアプリケーションの3Dsize ME等や、Msoftと組み合わせて使用するハンディスキャナーのBodyScanを販売。CAD/CAMシステムの修正にはRodin4Dのソフトウェアを使用。



付録表5 海外企業

No.	3D計測技術の提供	3Dプリント技術の提供	CAD/CAM技術の提供	サービス		CAD/CAMによる義肢器具製作							3Dプリンタによる義肢器具製作(販売)							導入システムメーカー	機関	国名	概要	詳細
				3Dプリント	3Dスキャン	インソール	靴	下肢装具	体幹装具	義手	義足	上肢装具	下肢装具	義足カバー	ORTHEMA社	RODIN社	VORUM社	GOTEC社	PedCad社					
36																				Limbitless Solutions	米国	義手製作	セントラルフロリダ大学の非営利サポート組織。デザインからオーダーメイドした子供向けの3Dプリント義肢(バイオニックアーム)を製作し、寄付する活動をしている。	
37																				United Tomorrow	米国	義手製作	患者が申し込むと必要なデータをオンラインで送信。患者は送られた3Dスキャナーで腕の細かい画像データを送信。そのデータを専門家がソフトウェアを使ってソケットをデジタル化。3Dプリンターでプリント、作製、テストされたデバイスは患者に発送される。筋肉センサーとAIが義手の正しい使い方・適応方法を患者に教示。	
38			○																	GO-tec	ドイツ	インソール製作	インソール製作のスキャナー、CAD/CAMシステム開発。CADソフトウェアのGP InsoleCADの使用により、数秒で個々のインソールを設計可能。	
39	○		○																	PedCad	ドイツ	3Dスキャナー、CADの提供	3Dスキャナー-ped3Dで3Dデジタル測定値を生成。分析ソフトウェアのeasypedで足の形状の3D測定を処理、設計ソフトウェアpedcad insole-designerを使ってインソールを設計。糖尿病患者、リウマチ、アスリート用のインソール、部分的インソールも製作。	
40			○																	Rodin 4D	フランス	CAD/CAMシステムの提供	整形外科分野に固有の専門的な問題に対応したCAD/CAMシステムの提供。M4D Scanでキャプチャーしたあと自動後処理ソフトウェアでデジタル化。ECHO DIGITIZERで型をデジタル化し、患者のソケットをすばやく正確に作製。	
41		○																		MakerBot	米国	米国Stratasys社の子会社3Dプリンター製	コンパクトなFDM式(熱溶解積層方式)の工業用3Dプリンター-Stratasysシリーズ、デスクトップタイプMakerbot METHOD。そのほかに剥離システムを採用した高精度3Dプリンタの光造形方式、ポリジェット方式のプリンターも扱う。	
42		○																		Stratasys	米国	3Dプリンター製造材料、アプリケーション販売	FDM方式(熱溶解積層方式)とポリジェット技術を採用。繊細さ、カラーや複数のテクスチャを再現するモデルを造形するDesignシリーズ、大型なオブジェクトを造形できるProductionシリーズがある。材料、アプリケーションも取り扱う。	
43																				Protesis Avanzadas SAS	コロンビア	3Dプリント義手、義手カバー製作	装飾用の手カバー、ロボットハンドを製作。ロボットハンドは節電センサーを使用し、指を1本ずつ動かす、鉛筆やコップを持つことも可能。コストダウンと義手のサイズを使用者に応じて微調整するため3Dプリントを採用。	
44																				ロボハンド	南アフリカ	3Dプリント義肢製作	熱可塑性プラスチックを3Dプリンターで成形し、アルミニウムのパーツを組み合わせて義手(ロボハンド)を製作。手首や肩の関節の動きに反応して動き、電子機器は不要。シリア内戦で手指を失った人々に提供。	
45																				GyroBot	英国	3Dプリント義手製作	柔軟なFilaFlexフィラメントを使用して3Dプリントされた義手「Flexy-Hand」を開発。FilaFlexスキントーンフィラメントを使用してプリントされた「Flexy-Hand 2 - FilaFlex Remix」は自然な外観と機能性でよりリアルに製作されている。	

付録表6 海外研究機関

	種類	機関	国名	概要	詳細
1	大学	University of Southernptom	英国	カンボジアへの義肢装具サービス	カンボジアの臨床医、学者、政策立案者と協力して、義肢装具サービスを改善するデジタルツールを開発。また、ポータブル3Dスキャナーや計算形状分析技術を提供。
2	専門学校	Digital School, Technical Design College	カナダ	オンラインでの3D CADトレーニングコースの提供	3Dプリント技術、CAD/CAMを含むビルディングインフォメーションモデリング(BIM)コース等、オンラインでの3D CADトレーニングコースを提供。
3	リハビリテーションセンター	NYRehab	米国	CAD/CAM、3Dプリンターで義肢を提供	CAD/CAM、3Dプリント技術で義肢の設計・製作・ケアを行う。炭素繊維とチタンで作られたカスタム義足、大腿義足、小腿義足、マイクロプロセッサで制御されたコンポーネント等を提供。
4	協会	Australian Orthotic/Prosthetic Association	オーストラリア	AOPAに加盟するオーストラリア内の100ヶ所の便覧	リハビリテーションセンター、病院、サービスセンターなどのサービス内容、スタッフ数などを記載。3Dスキャニングを行っている機関が8ヶ所、CAD技術と3Dプリンティングに対応している機関が2ヶ所ある。
5	大学	Bath University	イギリス	オーダーメイドの義肢ライナーを1日未満で設計・製造する方法を開発	3D形状をキャプチャするスキャナーを使用して、残存肢をスキャン。次に、データを使用して残りの完全なデジタルモデルを作成し、パーソナライズされたライナーの設計に使用。その後、ライナーは極低温機械加工技術を使用して製造される。
6	大学 義肢装具センター	Northwestern University Prosthetics-Orthotics Center	米国	施設の紹介	施設は、モーション解析ラボ、エレクトロニクスラボ、リソースセンター、義肢装具評価ラボ、などがある。義肢装具評価ラボの中にCAD / CAMラボがあり、メカニカルデジタイザとShapemakerソフトウェアが装備されている。メカニカルデジタイザは、残存肢のキャストまたはモールドの寸法を測定し、データをShapemakerソフトウェアに転送し、3Dモデルを作成する。CAD / CAM技術は、ソケット開発や被験者ごとに複数の義肢を必要とする切断患者の歩行研究など、多くのプロジェクトで活用されている。
7	専門コース	MIT xPro	米国	マサチューセッツ工科大学の12週間のオンラインコース	積層造形(Additive Manufacturing)分野での専門的知識と実践にそった技術、理論を学べるオンラインコースを提供。
8	大学	University of Michigan	米国	3Dプリント技術により短時間で、軽くてフィット感の高い支援デバイスを作成。 ミシガン大学O & Pセンターでの試み。	現場に必要な機器は、光学スキャナー、コンピューター、3Dプリンターのみ。将来的には、これにより、遠隔地の小さな診療所でも、カスタムの装具と義肢を提供できるようになる可能性を示す。「従来の方法では材料に一定の厚みが必要だが、3Dプリンティングはその制限を取り除き、一部の場所では内部を充填し、他の場所では空洞にするなど、厚さをより正確に変化させるデバイスを設計可能」。
9	大学	University of Toronto	カナダ	3Dプリンターを使用してウガンダ人の義足を製作。 国際NGOとウガンダの病院が提携して、義肢用ソケットを作製。	ウガンダで撮影された残存肢の3Dスキャン画像を数秒以内に世界の別の場所へ送信し、義肢装具士がデジタルで代替品を設計、そのファイルをアフリカに送り返してプリント。プリンターは、さまざまな樹脂やポリマーを使用して3Dオブジェクトを作製可能。
10	大学	University of Colorado	米国	3D技術を用いた100%再生プラスチックからの義肢製作	大学院生とエクアドルのNPOが協力して再生プラスチックボトルから作られた3Dプリンターフィラメントを開発。3Dスキャナーで患者の残存肢の画像を作成後、コンピューターモデルを修正して、デジタルソケットが作成され、3Dプリンターへ送信。ペットボトルを細かく砕いて溶かした後、押し出されたポリエチレンテレフタレート(PET)プラスチックを使用してフィラメントを作製し、3Dプリンターで個別のソケットを作製。
11	大学	University of California, San Diego	米国	UCサンディエゴのQualcomm Institute(QI)の材料科学者および研究者が支援しているプロジェクトの紹介	Project Lim [b] itlessは携帯電話アプリを使用して、手足の3Dモデルを作製。切断された患者は手足の仮想モデルを義肢装具士に電子的に配信。義肢装具士は最先端のソフトウェアを使用して、快適でカスタムフィットの義肢を設計。
12	大学	Massachusetts Institute of Technology Biomechatronics Lab	米国	MITが開発したFitSocket技術	FitSocketという技術を開発。残存肢の筋肉の固さを圧力センサーで測り、ソケットの適合を良好に保つ。スキャン技術と組み合わせることで、残存肢の正確なモデルを作製可能。

付録表7 海外論文等

	年月	種類	国名	書誌情報	概要	詳細
1	2019年	論文	フランス	Y. BENABID, Y. KEBBABA, A. DJIDJELI. Lower limb prosthetics by 3D prototyping from North Africa people. 44th Congress of the Société de Biomécanique, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 22, sup1, 2019, S217–S218.	Lower limb prosthetics by 3D prototyping from North Africa people 北アフリカの人々への3Dプロトタイピングによる義足作成	近年、北アフリカ地域では、血管障害、感染、外傷により、下肢の切断が増加している。 積層造形技術は、ソケットの製造と3Dプロトタイピングで使用される材料に応じて、ソケットとソケットモールドを直接製造可能。経済的かつ迅速な方法で下肢切断者を支援する。
2	2019年	論文	ポルトガル	Marco Leite, Bruno Soares, Vanessa Lopes, Sara Santos, Miguel T.Silva. Design for personalized medicine in orthotics and prosthetics. Procedia CIRP, Vol.84, 2019, pp.457–461.	Design for personalized medicine in orthotics and prosthetics 装具および義肢のオーダーメイド医療に向けての設計	2つの事例、脳性麻痺のある青年の膝位置矯正装具と幼児の義足の事例を紹介。どちらもイメージ画像から、3Dプリンターを使用してコンセプトが具体化され、製造される。適切な材料を使用し、患者のニーズに合わせてカスタマイズ、医師の推奨事項に沿った装具および義肢の製作が可能。
3	2019年	論文	国際	Ranger BJ, Feigin M, Zhang X, Moerman KM, Herr H, Anthony BW. 3D Ultrasound Imaging of Residual Limbs With Camera-Based Motion Compensation. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, Vol.27, No.2, 2019 Feb, pp.207–217.	3D ultrasound imaging of residual limbs with camera-based motion compensation カメラベースの動作補正を使用した残存肢の3D超音波イメージング	超音波は、筋骨格イメージングのための費用対効果が高い。 四肢の3Dデータセットは、軟組織の生体力学的モデリング、義肢ソケットの設計、筋肉の状態と疾患の進行の監視、骨の健康、整形外科手術など、いくつかのリハビリテーション用途で役立つ。
4	2019年	論文	米国	Jorge M. Zuniga, Keaton J. Young, Jean L. Peck, Rakesh Srivastava, James E. Pierce, Drew R. Dudley, David A. Salazar, Jeroen Bergmann. Remote fitting procedures for upper limb 3d printed prostheses. Expert Review of Medical Devices, Vol.16, 2019 – Issue 3, pp.257–266.	Remote fitting procedures for upper limb 3d printed prostheses 3Dプリント義手のリモートフィッティング手順	i) 3Dプリント義手のリモートフィッティング手順を説明し、ii) 患者の満足度と快適さを評価することを目的とする。 3Dプリントされた義手のリモートフィッティングの方法論は、農村部でのデジタルデバイスの利用可能性の増加により、開発途上国における大きな可能性を示している。
5	2018年	論文	ロシア	Mikhail Golovin, Nikita Vladimirovichi Marusin, Yu. B. Golubeva. Use of 3D Printing in the Orthopedic Prosthetics Industry. Biomedical Engineering, Vol.52, No.12, 2018 Jul, pp.1–6.	Use of 3D Printing in the Orthopedic Prosthetics Industry 義肢装具産業界での3Dプリンティングの利用 orthopedic prosthetic devices	義肢装具(OPD)の製造で3Dテクノロジーを使用する現在の手段に関するデータを、機器(スキャナーなど)とソフトウェアの分析評価とともに紹介。
6	2018年	論文	カタール 米国	John-John Cabibihan, M. Khaleel Abubasha, Nitish Thakor. A Method for 3D Printing Patient-Specific Prosthetic Arms with High Accuracy Shape and Size. IEEE Access PP(99):1–1 · 2018 Apr.	A Method for 3-D Printing Patient-Specific Prosthetic Arms With High Accuracy Shape and Size 高精度の形状とサイズを備えた患者固有の義手を3Dプリントする方法	切断された腕の形状とサイズを、3Dプリントとシリコンキャストリングにより高精度で再現し、義肢設計の合理化された方法論を開発することを目的とする。 患者は、ソケットが肌になじみ、義肢の形状とサイズが希望どおりなことに満足した。CTイメージング、計算支援設計、デスクトップ3Dプリンティング、およびシリコンキャストリングにより、患者固有の装飾用義肢を高精度で実現できることが示唆される。
7	2017年	論文	米国	Collin Baker, Denikka Brent, Charles Wilson, Jiajun Xu and Lara A Thompson. Additive Manufacturing for Economical, User-Accessible Upper-limb Prosthetics. Prosthetics and Orthotics Open Journal, 2017 Apr 27.	Additive Manufacturing for Economical, User-Accessible Upper-limb Prosthetics 経済的でユーザーがアクセス可能な義手用の積層造形技術	積層造形(または3Dプリンティング)の知識と技術を組み合わせてコンピュータで義手をデザインし、Cubify 3Dプリンターと組み合わせ、義手が製作された。これにかかった費用は25ドルであった。
8	2017年	論文	米国	Peter C. Liacouras, Divya Sahajwalla, Mark D. Beachler, Todd Sleeman, Vincent B. Ho & John P. Lichtenberger III. Using computed tomography and 3D printing to construct custom prosthetics attachments and devices. 3D Printing in Medicine, Vol.3, No.8, 2017.	Using computed tomography and 3D printing to construct custom prosthetics attachments コンピューター断層撮影と3Dプリンティングを使用したカスタム義肢アタッチメントの製作	このプロジェクトの目的は、重量挙げ選手用、ホッケー選手のスケート用、ワイングラスホルダー用のアタッチメントのデザイン構築の研究経緯を説明することである。完成したデバイスは、適合性と機能がテストされた。アタッチメントの設計と製造プロセスに3Dプリンティングをどのように組み込むかその方法も示された。
9	2017年	論文	英国	Sarah Jane Day, Shaun Patrick Riley. Utilising three-dimensional printing techniques when providing unique assistive devices: A case report. Prosthetics and International, 2017 Dec 11.	Utilising three-dimensional printing techniques when providing unique assistive devices: A case report 3Dプリント技術の活用—独自の支援機器を提供する場合: 症例報告	部分的に指を失ったフレンチホルン奏者のための積層造形技術の適用。 コンピュータ支援設計と3Dプリンティングは、独自の支援機器を設計、テスト、製造するための効果的な方法であることが証明された。 患者の満足度は高かった。

付録表7 海外論文等

	年月	種類	国名	書誌情報	概要	詳細
10	2017年	論文	英国	Laura Diment, Mark S Thompson, Jeroen HM Bergmann. Three-dimensional printed upper-limb prostheses lack randomised controlled trials: A systematic review. <i>Prosthetics and Orthotics International</i> , Vol.42, No.4, 2017 Jun.	Three-dimensional printed upper-limb prostheses lack randomised controlled trials: A systematic review 3Dプリント義手 無作為化比較試験無しの場合:体系的なレビュー	このレビューは、3Dプリント義手の有効性を評価する研究をまとめたものである。方法はPubMed、Web of Science、OVIDを検索し、3Dプリント義手に関する臨床試験を報告した研究を体系的に調査した。結果は、8つの論文が選択基準を満たした。結論から、個別のカスタマイズのための3Dプリンティングの可能性はまだ十分に認識されておらず、今後有効性を厳密に評価する必要がある、と言える。
11	2017年	論文	英国	Elena Seminati, David Canepa Talamas, Matthew Young, Martin Twiste, Vimal Dhokia, James L. J. Bilzon. Validity and reliability of a novel 3D scanner for assessment of the shape and volume of amputees' residual limb models. <i>PLOS ONE</i> , Vol.12, No.9, 2017 Sep 8.	Validity and reliability of a novel 3D scanner for assessment of the shape and volume of amputees' residual limb models 切断者の残存肢モデルの形状と体積を評価するための新しい3Dスキャナー(Artec Eva)の有効性と信頼性	Artec Evaスキャナーは、残存肢モデルの形状と体積を評価するための有効かつ信頼できる方法である。この方法は、人間の残存肢と臨床診療で使用されている現在のシステムと比較した結果でテストする必要があるが、形状と体積の変動をより高い解像度で定量化できる可能性がある。
12	2017年	論文	米国	Collin Baker, Denikka Brent, Charles Wilson, Jiajun Xu and Lara A Thompson. Additive Manufacturing for Economical, User-Accessible Upper-limb Prosthetics. <i>Prosthetics and Orthotics Open Journal</i> , Vol.1, No.8, 2017 Apr 27.	Additive Manufacturing for Economical, User-Accessible Upper-limb Prosthetics 経済的でユーザーがアクセス可能な義手のための積層造形	コンピューターで生成したデザインを3Dプリンターと組み合わせ、義手コンポーネントを作製。結果として25ドルで、上肢用のシンプルでアクセス可能なデザインが組み立てられた。将来、市販の3Dプリンターを使用することで、自分の義手の開発を自宅環境で簡単に実行できるようになる可能性がある。
13	2016年	論文	スウェーデン	Emelie Strömshed. The Perfect Fit Development process for the use of 3D technology in the manufacturing of custom-made prosthetic arm sockets. Department of Design Sciences, Faculty of Engineering LTH, Lund University. MASTER THESIS, 2016.	The Perfect Fit— Development process for the use of 3D technology in the manufacturing of custom-made prosthetic arm sockets パーフェクトフィット—カスタムメイドの義手ソケットの製造における3D技術使用開発プロセス	従来のプロセスと開発されたプロセスの比較、プロセス構造の確立、プロセスの検証等を目的とする。このプロジェクトは、時間と手作業が多い従来の製造方法の実行可能な代替手段を提供し、患者には、3Dプリントを使用し、完全にフィットしたソケットを提供することを目的としている。
14	2016年	学位論文	トルコ	Faruk ORTES, Hasan Kemal SURMEN, Yunus Ziya ARSLAN. A BIOMECHATRONIC APPLICATION ON PROSTHETICS FOR UNDERGRADUATE ENGINEERING STUDENTS. <i>The Eurasia Proceedings of Educational &amp; Social Sciences (EPESS)</i> , Vol.4, 2016, pp.461-464.	A BIOMECHATRONIC APPLICATION ON PROSTHETICS FOR UNDERGRADUATE ENGINEERING STUDENTS 学部生のための義肢のバイオメカトロニクス・アプリケーション	学位論文で、学部生が義手の設計、制御、製造の実装を実施。カスタムベースの義手の製作は、次の手順で製造された。手のひらや指の義手のコンポーネントの3次元CADモデルは、ソリッドボディモデリング・ソフトウェアで設計された。
15	2016年	論文	米国	Megan Hofmann, Jeffrey Harris, Scott E. Hudson, Jennifer Mankoff. Helping Hands: Requirements for a Prototyping Methodology for Upper-limb Prosthetics Users. <i>Physical Disability and Assistive Technologies</i> , 2016, pp.1769-1780.	Helping Hands: Requirements for a Prototyping Methodology for Upper-limb Prosthetics Users 義手ユーザーのためのプロトタイプング方法の要件	チェロの演奏、ハンドサイクルの操作、テーブルナイフの使用など、特定の作業用の義手を必要とする上肢切断の3人の事例。調査では、3Dプリンティングやその他、実用的なプロトタイプング素材を用いた。事例調査の結果から、義肢デザインにおけるモジュール性、コミュニティの関与、関連性の高いプロトタイプング素材の特定等が重要とわかった。
16	2016年	論文	インド	Chitresh Nayak. A novel approach for customized prosthetic socket design. <i>Biomedical Engineering Applications Basis and Communications</i> , Vol.28, No.3, 2016 Jun, pp.1-10.	A novel approach for customized prosthetic socket design カスタマイズされたソケット設計の新しいアプローチ	切断者にとって快適な義肢ソケットの製造は、義肢装具士の技能とソケットに関する知識に大きく依存する。ソケットは患者の残存肢の臨床状態に応じて多段階の手動修正が必要で、石膏(PoP)型の収縮または起こり得る損傷によって影響を受ける可能性がある。

付録表7 海外論文等

	年月	種類	国名	書誌情報	概要	詳細
17	2015年	論文	米国	Jorge Zuniga, Dimitrios Katsavelis, Jean Peck, John Stollberg, Marc Petrykowski, Adam Carson & Cristina Fernandez. Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. BMC Research Notes, Vol.8, No.10, 2015.	Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences サイボーグビースト: 子供のための低コストの3Dプリント義肢	子供たちのため、低コストのデバイスの開発が目的。 CADプログラムの進歩、積層造形および画像編集ソフトウェアは、非常に低コストで義手デバイスを設計、プリンティング、および適合させる可能性を提供する。 提案されたサイボーグビーストの義手は、発展途上国の子どもや医療提供者へのアクセスがほとんどまたはまったくない子どもにとって、低コストの代替手段となりうる。 さらなる研究では、このタイプの低コスト3Dプリント義肢の機能性、有効性、耐久性、利点、および拒絶率(rejection rate)を調べる必要がある。
18	2015年	論文	南アフリカ	Matt Te Water Naude, Mark Roussot, Ruqaya Gabier, Kelly Sweatman. No limbs! The feasibility of providing low-cost 3D printed below elbow and below knee limb replacements in a resource limited setting. Vol.1, No.2, 2015.	The feasibility of providing low-cost 3D printed below elbow and below knee limb replacements in a resource limited setting 資源が限られた環境で、3Dプリントの前腕義手と下腿義足を低価格で提供する可能性	南アフリカでは、毎年多数の義足が必要となる。義肢を効率的に提供する方法として、3Dプリントが調査された。 文献レビューとクリニックのスタッフへのインタビュー。 リソースが限られた環境で3Dプリントされた前腕義手を提供することは可能。下腿義足は設計上の課題に直面しており、従来のものよりも高価となる。
19	2013年	論文	イタリア	Giorgio Colombo, Giancarlo Facoetti, Caterina Rizzi. A digital patient for computer-aided prosthesis design. Interface Focus, Vol.3, No.2, 2013 Apr 6.	A digital patient for computer-aided prosthesis design デジタル患者のためのコンピューター支援による義肢デザイン	新しいコンピューターベースの設計フレームワークと、バーチャル化された環境での義肢設計、およびデジタルモデルについての説明。 義肢を設計、構成、およびテストするための一連のツールを提供し、モデリング研究室と仮想試験研究室で実験を行った。義肢の3Dモデルの構成と生成を可能にし、患者の姿勢と動きをシミュレートして、その機能と構成を検証できるようにした。
20	2005年	論文	スコットランド	Nicholas Herbert, David Simpson, William D Spence, William J. Ion. A preliminary investigation into the development of 3-D printing of prosthetic sockets. The Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol.42, No.2, 2005 Mar, pp.141-146.	3Dプリンティングと呼ばれる安価なラピッドプロトタイプング(RP)テクノロジーの使用について調査	通常の場合では、プリントされた部品は弱く、比較的壊れやすい。ただし、3Dプリントで製造された快適な義肢用ソケットは、患者の仮合わせ用に使用されている。
21	2001年	論文	米国	Smith DG, Burgess EM. The use of CAD/CAM technology in prosthetics and orthotics--current clinical models and a view to the future. J Rehabil Res Dev, Vol.38, No.3, 2001 May-Jun, pp.327-334.	Use of CAD/CAM technology in prosthetics and orthotics--Current clinical models and view to the future (Journal of Rehabilitation research and development) 義肢装具におけるCAD/CAMテクノロジーの使用および臨床モデルと 未来への見解(リハビリテーション研究ジャーナルと開発)	CAD/CAMの臨床使用を調査。研究機関2か所と義肢装具のデリバリーシステムにおいてインタビュー調査を実施。 義肢装具業界の顧客数は比較的少ない。将来の高度なCAD/CAMシステムを提供するビジネスに携わることは、費用がかかり困難。社内CADシステムを現在使用しているユーザーにとって、機器やソフトウェアのアップグレードは、今日の収益減少に対して経済的ではない可能性あり。
22	1996年	論文	米国	Smith KE, Commean PK, Vannier MW. Residual-limb shape change: three-dimensional CT scan measurement and depiction in vivo. Radiology, Vol.200, No.3, 1996 Sep, pp.843-850.	Residual-limb shape change: three-dimensional CT scan measurement and depiction in vivo 残存肢の形状変化: 三次元 生体内でのCTスキャン測定と描写	スパイラルコンピューター断層撮影(CT)を使用して下腿義足の定量的評価を実施。対象者は7名。義足の残存肢軟部組織のエンベロープの変化を定量化するCTボリュームデータセットの登録は正確であり、義肢の形状変化の影響を検出するために使用可能。
23	1996年	論文	米国	Paul K. Commean, BEE; Kirk E. Smith, AAS ; Michael W. Vannier, MD. Design of a 3-D surface scanner for lower limb prosthetics: A technical note. Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol.33, No.3, 1996 Jul, pp.267-278.	Design of a 3-D surface scanner for lower limb prosthetics: A technical note 義足用の3-D表面スキャナーの設計 : テクニカルノート	下肢の表面全体をキャプチャする3-D非接触光学表面範囲センシングイメージングシステムを開発。光学式表面スキャナー(OSS)は、4つの(CID)カメラと3つの白色光プロジェクターで構成され、被験者の残存肢を囲む剛性フレームに取り付けられ、360° に渡る表面をカバー。OSSイメージングシステムで記録された残存肢表面の解剖学的3Dコンピュータグラフィックス再構成は、視覚化と測定に使用された。

付録表7 海外論文等

	年月	種類	国名	書誌情報	概要	詳細
24	1995年	論文	米国	Vern L. Houston, Carl P. Mason, Aaron C. Beattie, Kenneth P. LaBlanc, MaryAnne Garbarini, Edward J. Lorenze, Chaiya M. Thongpop. The VA-Cyberware lower limb prosthetics-orthotics optical laser digitizer. Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol.32, No.1, 1995 Feb, pp.55-73.	The VA-Cyberware lower limb prosthetics-orthotics optical laser digitizer VA-Cyberware 下肢義肢・装具用 残存肢のための光学レーザーデジタイザの開発	開発された光学デジタイザについて説明し、デジタイザを使用した実験室および臨床試験の結果を提示。下腿、大腿の残存肢の表面全体の輪郭、および装具を使用している小児患者の足・足首の状態を正確、迅速、繰り返し、一貫してキャプチャした。この光学デジタイザの強化された精度、再現性、一貫性が示された。
25	1994年	論文	カナダ	Lemaire E. A CAD analysis programme for prosthetics and orthotics. Prosthet Orthot Int, Vol.18, No.2, 1994 Aug, pp.112-117.	A CAD analysis programme for prosthetics and orthotics 義肢装具のCAD解析プログラム	Microsoft Windows 3.1の環境で、CADVIEWを使用し一連の解剖学的形状表示・分析ツールを提供。これらのツールには、複数のソケットと複数のビューの同時表示、2Dと3Dの測定、形状統計、多形状アライメント、断面比較、色分けされた3D比較、解像度の向上、画像コピー機能が含まれる。
26	1991年	論文	米国	M.E. Riechmann, M. Pappas, T. Findley, S. Jain, J. Hodgins. Computer-aided design and computer-aided manufacturing of below-knee prosthetics. Proceedings of the 1991 IEEE Seventeenth Annual Northeast Bioengineering Conference, 1991 Apr, pp.4-5	Computer-aided design and computer-aided manufacturing of below-knee prosthetics CAD/CAMによる下腿義足製作	下腿義足の設計を自動化することが目的。CAD/CAMの技術を用いて、義肢装具士が、最終製作が完了する前に、3次元ソリッドモデリングを媒体としてどのように義肢を設計するかを示す。体が成長していく子供の場合、生涯を通して複数の義肢が必要であり、CAD / CAMを使用することで、現在よりも設計と製作、準備とフィッティングが迅速に行われることが期待される。

付録表8 海外記事等

年月	種類	情報源	国名	概要	詳細	
1	2012年	書籍	Umesh Chandra,National Institute of Technology Rourkela	インド	3D Surface Geometry and Reconstruction: Developing Concepts and Applications 3D表面形状と再構成:コンセプトとアプリケーションの開発	350ページ中、義肢デザインに関するものは10ページ程度。「多角的視点でとらえた義肢デザインから見た3D技術による再生」「3Dモデリング、imageの復元、image プロセッシング」など。
2	2013年	書籍	AK,Agarwal	インド	Essentials of Prosthetics and Orthotics-with MCQs and Disability Assessment Guidelines 義肢装具の本質・義肢装具士・臨床医およびリハビリテーション・学生のための障害評価のガイドライン	3Dプリント技術はシリア、イラク、イエメンで負傷した兵士の治療に使用されている。技術的に難しいとされる義手にも使用される試みがなされている。
3	2013年	ジャーナル	The Atlantic	米国	Can We Really 3-D Print Limbs for Amputees? The pros and cons of printing prosthetics 本当に3Dプリントできるのかー3Dプリンターによる義肢製作の長所・短所	3Dプリントによる義肢製作の利点は、カスタマイズ可能な形状をすばやくプリントできること、そして価格など。短所としては、義肢は金属からプラスチック、電子部品などの組み合わせで作られており、一度に1つの材料しかプリントできないこと、など。
4	2008年	記事	Edge	—	—	小型化、軽量化、非接触型のスキャナーが開発されている。Willow Woodが開発したOMEGAスキャナーは上肢、下肢の義肢に加えて頭蓋ヘルメット、インソール、AFO、膝ブレースの設計・製作を可能にした。 下肢と上肢の美容仕上げ( cosmetic finishing )はCAD/CAM技術によるところが大きい。軟組織眼窩インプラントや本物そっくりの鼻・耳など人体のパーツ、顎顔面インプラントなど美容分野で伸びる可能性がある。
5	2019年	記事	University of Toronto	カナダ	Toront大学の卒業生がCEOを務めるNia Technologies Incの紹介	この非営利の社会的企業は、カナダ、ウガンダ、タンザニア、カンボジアなど多くの医療機関と協力し、必要な人々に義肢装具を提供する活動をしている。の義肢はスキャナーとプリンターなどハードウェアとソフトウェア(NiaFit)を単一の統合パッケージにした3D PrintAbilityを使用して製作。
6	2018年	記事	Alliance of Advanced BioMedical Engineering	米国	3-D Printing to Lower Prosthetic Costs 義肢製作コスト削減のための3Dプリンティング より低コスト、高品質で耐久性の高いデバイスの実現	調査会社Frost&Sullivanが、ヘルスケア分野で低コスト、高品質で耐久性の高いデバイスを開発・製造している企業を調査し、Mecuris GmbH(ミュンヘン、ドイツ)、Stratasys(ミネソタ州エデンブレイリー)とNaked Prosthetics Inc.(オリンピア、ワシントン州)を記事にした。Mecuris GmbHは、3Dデザインと印刷技術を1つに統合することで、義肢の製造時間を75%削減したと報告している。Stratasysは、インプラントや義肢の製造に使用できる高速3DプリンターF123シリーズを発売した。Naked Prosthetics Incは指の機能を復元する義手を設計・製造している。各指に対応した義手があり、PIPドライバーは中節骨(第一関節と第二関節の間の骨)を切断した場合、MCPドライバーは基節骨(第二関節と第三関節の間の骨)を切断した場合、サムドライバー(Thumb Driver)は親指切断した場合に対応している。
7	2001年	記事	Jeff Donn Los Angels Times	米国	'Bionic' Artificial Limbs Offer a Step Toward Normalcy 限界(制約、制限、束縛)を超える第一歩を提供する「バイオニック」義肢	オートバイ事故で、足を失った青年が手に入れた義肢。17歳のMarichが事故から30年後、切断された四肢をスキャンして3D画像を生成、デジタル画像からソケットが作製できるようになった。最初の彼の義足は木製で重かったが、今では、シリコンライナーが吸着し、ストラップやベルトなしで義足を保持している。
8	1992年20	書籍	Charles H. Pritham, C.P.O. Digital Resource Foundation for the O&P society	米国	O&Pライブラリー1 Atlas of Lim Prostheticsの第24章 Special Considerations: Emerging Trends in Lower-Limb Prosthetics: Research and Development 考慮事項:義足の新しいトレンド:研究開発	高度なテクノロジーであるCAD/CAMが義肢装具業界に大きな変化を与えており、これまで以上にCAD/CAM生産システムが導入されている。
9	2017年	記事	B. Cuffari, AZO, online publication for the Materials Science community	—	—	義肢の歴史を解説。 骨、耳、顎、眼鏡、細胞培養、幹細胞、血管、組織、臓器、薬物送達デバイス、血管ネットワーク、装具等を製造するために(医療用に)、3Dプリンティングの技術が使われている。
10	2016年	記事	Jpnathan Schwartz	米国	3Dプリンティングにより普及した製造技術の利点について	ボランティア団体Enable Foundation やBody Labsなどの企業が提供するオープンソースイニシアチブや3Dスキャン技術により、人々は手足を3Dスキャンし、3Dプリンターを使用して個人でも義手をカスタマイズして作製できる。マサチューセッツ工科大学のラボでは組織の弾力性を測定する装置があり、丁度よい柔らかさの義肢用ソケットのデザインと3Dプリントが可能となっている。
11	2009年	記事	The Academy Today,American Academy of Orthotists and Prosthetists	米国	Computer-Aided Designand Manufacturing in Prosthetics and Orthotics 「義肢装具のコンピューターによる設計と製作」 義肢製作の過去・現在・未来について	木製の義肢をつくっていた時代、その後1980年代にCAD/CAM技術が登場。その後もCAD/CAM技術は進化し続けている。
12	2017年	報告書	Worcester Polytechnic Institute	米国	CAD/CAM技術を使った前足に変形のある犬用の義足を考案・製作	現在、犬の義足の場合、四肢が切断(あるいは欠損している)された犬を対象としている。義足の製造は特定のユーザーに合わせて調整される。このプロジェクトの目標は、運動性を高め、犬の歩行を安定させる低コストのデバイスを設計・製造することであった。当プロジェクトでは、前肢が変形しているダックスフントに焦点を当て、他の犬にも応用できるデバイスを作成することが目的である。最終的な義足は、3Dプリントされた。出来上がった犬用義足は低価格で耐久性があり、体重を均等に分散させ、安定していた。使用したCADファイルはSolidWorks2016以降にアクセスできる場合は、SolidWorksで開くことができる。
13	2006年	報告書(White Paper)	Ohio Willow Wood ( manufacturing and distribution of prosthetic products)	米国	Increasing Efficiency, Repeatability, and Accuracy in Prosthetics and Orthotics Through the Use of CAD CADの使用による義肢装具の効率性、再現性、精度の向上	Willow Woods社は OMEGA Tracer SystemというCAD/CAMを使ったシステムを提供している。このシステムでは3Dの形状をキャプチャするために、OMEGAスキャナー、OMEGA トリミング、トレーサーを使って正確な形状をキャプチャする。
14	2019年	雑誌	ODT,Orthopedic design and technology	米国	Creating Optimal Orthotics and Prosthetics: A Case Study 最適な装具と義肢の製作:ケーススタディ	Hagen Orthotics & Prostheticsについての記事。患者の脚、足、腕をハンディ3Dスキャナー(Artec Eva)でスキャンすると、Artec Studioで3Dモデルに処理される。次に変換されたデータは3Dプリンターあるいは特別なルータに送られ、EVA foamまたは他の材料をもとにデバイスが作られる。このシステムは、精度、品質、コスト削減の点で良い結果を出している。
15	2017年	記事	Brian Chau, Medpage Today	米国	opinion :iMedicalApps: CAD Beats Casting for Prosthetic Limbs- Amputees fared better with computer-aided design in shaping artificial legs CADは義肢の鑄造に打ち勝つ-義足の成形におけるCAD・コンピューター支援設計により、義肢使用者はより良い状態に	下腿切断者72人をCAD / CAM技術で作られたソケットの使用者と、従来の方法で作られたソケットの使用者に分けて比較した。痛みスコア、歩行距離、使用時間、痛みのない歩行時間、その他QOL指標を比較した。CAD / CAMグループは、義肢に非常に速く適応し、歩行距離が長く、歩行に伴う痛みが報告が少なかった。
16	2014年	記事	Edge Judith Phillips Otto	米国	3D PRINTING: OPPORTUNITY FOR TECHNICIANS? 3Dプリンティング:技術者にとってのチャンス 3Dプリント技術、積層造形技術について	3Dプリント技術、積層造形技術について、メーカー、技術者、O&P教育機関、医科大学助教授等へのインタビュー記事。
17	2018年	記事	Create Digital	オーストラリア	Pro bono prosthetics and low-cost limbs: Engineer 3D-prints a helping hand 無償の義肢と低コストの手足:3Dプリントをエンジニアが支援	ビクトリア州のエンジニアは、クラウドファンディングにより設備とソフトウェアを使って無償で義手を製作。子供たちが活動に参加するのに役立つデバイスの設計と製造も行っている。
18	不明	記事	3dinsider	ニュージーランド	A Guide on the Advances of Medical 3D Printing 医療で用いる3Dプリントの進歩に関するガイド	このガイドの目的は、人間に対する医療用3Dプリンティングの現在および将来の利点を述べることである。テクノロジーの進歩に伴い3Dプリントされた義肢は、従来のものと比べ、製作時間が短縮でき、手頃な価格で、用途が広く、快適である。人間だけでなく動物たちもその恩恵を受けている。
19	2016年	記事	The Guardian Digital Business	英国	How 3D printing can revolutionise the medical profession 3Dプリンティングが医療専門職に革命をもたらす方法	3Dプリント技術、スキャン技術の向上により、カスタマイズ義肢製作が可能になった。カナダの非営利社会的企業であるNia Technologiesは、3Dプリンターを使用して、従来の石膏キャスト法よりも高品質のモビリティデバイスを、迅速に製造し、子供や若者に提供している。
20	2019年	ブログ	PES Scanning	英国	NGOが3Dプリント技術によりグアテマラで義肢製作を支援	グアテマラで創立された(2015年)NGOのLifeNabledは、診療所を通じてグアテマラにサービスを提供し続けている。彼らは、3Dプリンティング、調整可能なソケットのデザイン、安定的な膝の開発、オンラインや対面のトレーニングを含む新しい義肢製作システムを作成している。

付録表8 海外記事等

	年月	種類	機関	国名	概要	詳細
21	2016年	雑誌	Fortune	米国	3Dスキャナー、3D技術により義肢製作時間を削減	Standard Cyborg社は義肢およびそれらを取り付けるソケットの製造方法を根本的に作り直すことに意欲的である。CAD/CAM技術を使用して、患者の残存肢の3Dスキャンを作成し、より適切な義肢の作製を目指している。
22	2017年	記事	The Guardian Weekly	英国	3D-printed prosthetic limbs: the next revolution in medicine 3Dプリントされた義肢：医学における次の革命	Enabling the Futureという団体が、数十カ国のメンバーと共に2000台の3Dプリンターへのアクセスが可能なネットワークを作り、3Dプリントの技術で困っている人のために義肢を作る活動をしている。カンボジアのNia Technologies、ウガンダの3D PrintAbilityも同様の活動をしている。3Dプリンタ技術により途上国で救える人々が増えた。
23	2015年	記事	Arif Sirinterlikci Department of Engineering, Robert Morris University Isaac Swink	米国	義肢装具やその他の3Dプリンタで作製できる医療関係のデバイス	その他のデバイスとしては、医療用インプラントや骨刺刺激装置として取り付け可能な医療用ギプスとして開発されたOsteoid(オステオイド商品名)がある。3Dプリントの材料も開発されている。！その他の開発したデバイスとしては、医療用インプラントや骨刺刺激装置として取り付け可能な医療用ギプスがある。また、3Dプリントの材料も開発されている。天然繊維も研究されており、木質粒子や竹繊維を含めてテストされ、低コストのO&Pデバイスに適用できる可能性がある。
24	2020年	記事	Martin Lansard ANIWAA	カンボジア・フランス	3D BODY SCANNING, FULL BODY SCANNING AND HUMAN BODY 3D SCANNERS 3D身体スキャン、全身スキャン、人体3Dスキャナー	非接触性3Dボディスキャナーで得られたデータは義肢製作にも応用される。The Open Hand Projectなどのコミュニティによって開発された、オープンソースの義肢の3Dモデルがいくつかあり、義肢用3Dファイルは無料でダウンロードできる。ファイルは3Dソフトウェアを介して修正され、患者に完全に適合される。最後に3Dデスクトッププリンターでプラスチックでプリントされる。
25	2019年	記事	NGOのLifeNabled に関する記事	米国	DigiScan 3D: An App with a Purpose DigiScan 3D: 目的のあるアプリケーション スマホのアプリを使って3D画像の作成—Life Nabledの試み	DigiScan 3Dアプリケーションは、Structure Scannerを使用して3D画像をすばやく作成するためのポータブルキャプチャーツールである。DigiScan 3Dはstructure.io スキャナーとiPadを使用する。キャプチャーしたデータを修正のために技術者に送信し、最後に3Dプリントする。Life Nabledはこの方法で開発途上国の人々に義肢を提供し、救おうとしている。
26	2015年	ニュースサービス	itworld.IDG	日本	ロボット工学のスタートアップExiiiの創始者たちの試みについて	Exiii Hackberryは柔軟な手首、部分的に電動化された指を持つ3Dプリントされた筋電義手。コントロールやデジタルカメラ、バッテリーなど低コストの部品はすべて、コンパクトで機能的な白いプラスチック義手の中に収納されている。バッテリーの使用時間は1日。Hackberryは靴紐を結ぶ、雑誌のページをめくる、ジャケットをジップアップするなど細かい作業ができる。
27	2019年	投稿	Wyss Institute ニュース (バイオデザインエンジニアリング)	アメリカ	発展途上国で期待される3Dプリント技術	3Dプリント技術は医療専門家を必要とせず、必要なのはタブレットベースのアプリケーションとスキャナー、3Dプリンター。この方法は、開業医や医療機器へのアクセスが制限されている発展途上国に特に期待されている。
28	2019年	記事	Design World	ブルガリア	Can 3D printing reinvent the prosthetics industry? 3Dプリンタ技術は義肢産業を再改革できるか？	ProFit社はPandoFitと呼ばれるソフトウェアソリューションを提供している。このソフトウェアにより下肢ソケットを簡単に設計できるようになった。義肢装具士は3Dスキャンを行い、画面上にカスタムリムソケットを作成する。デザインが完成すると、HP Jet Fusion 3Dプリンティングソリューションを使用してプリントする。
29	2016年	記事	BioTech, Limb and Brace	米国	Bio Tech社の紹介。3D技術の利点について	3Dプリント技術は出来るまでの速度、コスト、カスタマイズのし易さ、快適さの点で、義肢業界に役に立つ。
30	2016年	記事	3Dプリンターと3D印刷に関する記事 www.3ders.org	米国	AIは数分で義肢を設計し、コストを削減する 3Dプリント技術の利点	AI can design prosthetics in minutes and slash the cost of artificial limbs AIは数分で義肢を設計し、コストを削減する 3Dプリント技術の利点
31	2004年	記事	Source: STANDARD HANDBOOK OF BIOMEDICAL ENGINEERING AND DESIGN	米国	DESIGN OF ARTIFICIAL LIMBS FOR LOWER EXTREMITY AMPUTEES- STANDARD HANDBOOK OF BIOMEDICAL ENGINEERING AND DESIGN 下肢切断者のための義肢設計(生物工学とデザインの標準ハンドブック)	生物医学エンジニアの将来の仕事は、義足の軽量素材の開発、CAD/CAMシステムとテクノロジーの強化、下肢切断患者の機能の評価、快適なソケットを作製し義肢を最適に調整するためのセンサーとテクノロジーの開発などが含まれる。
32	2019年	ブログ	Dell technologies	米国	肢欠損を持つ7歳の少女が、3Dプリントの義肢を手に入れるまでの前向きな様子をレポート	英国に住むダイアは、娘フィービーのためにDeloitte Digitalと緊密に協力して3Dプリントの義肢を手に入れた。
33	2017年	記事	GINKGO 3D Press	シンガポール	LIMB-LOSS PATIENTS GET A HELPING HAND WITH 3D PRINTED PROSTHETICS 四肢喪失患者は3Dプリントされた義肢で助かる	市販の義肢は5,000米ドルから50,000米ドルもかかる。3Dプリントされた義肢は、コストを数百ドル以下に削減できる。現在、3Dプリントされた義肢は1日で製作でき、簡単にカスタマイズできる。
34	2018年	記事	Entrepreneur, India	インド	Innovating to Make Prosthetics More Accessible and Affordable 義肢装具をより身近で手頃な価格にするための革新	英国のOpen Bionicsは3Dプリントされた軽量の筋電義手、ヒーローアームを製作している。デズニーと協力して、スターウォーズ、マーベルなどのさまざまな義手カバーをデザインしている。
35	2019年	記事	Forbes	米国	3Dプリンター、材料メーカーであるEssentium Inc.の紹介	3Dプリンターおよび材料メーカーであるEssentium Inc.はバンクーバーにあるVorum Research Corporationと提携。Essentiumの高速3Dプリンターと材料、VorumのCAD/CAM技術により、安価で良い製品を目指す。
36	—	記事	Digital Engineering	カナダ	3Dスキャンや3Dプリント技術で義肢を発展途上国に提供している組織に関する記事	英国のOpen Bionics、トロント大学、ボランティア団体のe-NABLE等が3Dプリントで安価な義肢の提供を模索しており、その活動を報告。
37	—	記事	Tekscan	米国	F-Socket System: Enables improved design, fit, and function of prosthetics F-ソケットシステム: 義肢装具の設計、適合性、機能の改善を可能にするシステム	F-ソケットを開発しているTekscan社に関する記事。F-Socket圧カシステムは、圧力計をソケットの内側に装着し、F-Socket ソフトウェアを使ってピーク圧力などの情報を提供。義肢の設計、適合性、機能の改善を可能にした。このシステムには、紙のように薄く高解像度のセンサーが含まれており、自由に浮いた指にトリミングして、ソケットインターフェースの湾曲に近づけることができる。ソフトウェアには2Dおよび3Dのリアルタイムデータが表示可能。
38	2015年	記事	WIRED	米国	3Dプリント義肢: 低コスト・デザイン性・性能を重視した義肢をMITの技術を使って開発	NY市のプラットインスティテュートを卒業したWilliamは、ステルススタイルの超軽量義足を3DプリントするExoというシステムを開発。彼は、MITのBioMechatronics ラボのFitSocketと呼ばれる圧力センサー技術の使用を考えている。圧力センサーは患者の組織の柔らかさ・硬さを測定することができ、このデータを使用すると、ほぼ完璧なソケットを作製できる。
39	2018年	記事	NEW ATLAS	シリア	How 3D printed prosthetic limbs are helping one hospital treat Syrian war refugees 3Dプリントされた義肢がシリア戦争難民の病院治療にどのように役立っているか	3Dプリント技術はシリア、イラク、イエメンで負傷した兵士の治療に使用されている。その上、技術的に難しいとされる義手にも使用される試みがなされている。この技術により、24時間以内に、従来の数分の1のコストで義肢を設計・製作ができる。
40	2017年	記事	Make Parts Fast	イギリス	Ambionicsの創設者であるBen Ryanは、Stratasysマルチマテリアル、マルチカラーPolyJet 3Dプリンターを使用して、2歳の息子Solの義肢を開発した。	Benは、Stratasys Connex 3Dプリンターで、幼児用の3Dプリントの油圧式義肢アームを設計・製作した。
41	2018年	記事	3D Sourced	—	How 3D Printed Prosthetics Will Change The Lives of 30 Million People 3Dプリント義肢は3000万人の生活をどのように変えるか 3Dプリント義肢は未来を可能にするか？ いくつかの3Dプリント義手の事例、3Dプリント義肢の問題点	Enabling The Future のwebサイトには様々な3Dプリント義手が挙げられている。手首で操作するフェニックスハンド、指の関節が二か所欠損している人のためのニックフィンガーなど、3Dプリント義肢の問題点は、壊れやすい、3Dプリント技術者養成には時間がかかる、製品はFDAから承認されていない、など。
42	2020年	記事	Amputee Coalition	米国	あるプロジェクト: 子供が設計し、確かめ、そして協力した3Dプリント義肢	The Prosthetic Kids Hand Challengeというプロジェクトは困っている子供のために3Dプリンターを利用するよう、子供たちに奨励している。6年生の3人の女の子は左手のない女の子のために3Dプリンターで義手を作製した。その後彼女たちのクラスでは1日で義肢を19個製作した。



付録表8 海外記事等

年月	種類	機関	国名	概要	詳細	
43	2015年	記事	AUTODESK Research	カナダ	A Repeatable 3D Printing Process for Low-Cost Prosthetics 低コスト義肢のための再現可能な3Dプリンティングプロセス Autodesk Researchで設計・製造を率いているライアンシュミット博士の活動紹介	このプロジェクトはトロント大学と協力して子供用義肢をウガンダで3Dプリントするもの。3Dスキャナーを使用し、ソケットを3Dプリントする。この方法だと、再現可能(repeatable)で安価な義肢を提供できる。
44	2015年	ブログ ニュース	3DPrint.com	オーストラリア	Australian Researchers Create 3D Printed Foot Prosthetics for Under \$10 オーストラリアの研究者が10ドル未満で3Dプリントの義足足部を作製— Swinburne University of Technologyの研究者の試み	オーストラリアの研究者は途上国の子供たちに手頃な価格の3Dプリントの義足を提供し、その義足を成長に応じて頻りに簡単に交換できる取り組みをしている。
45	2020年	記事	Stratasys	米国	3Dプリント義肢の5つの利点 3Dプリンティングは義肢の製造方法に革命をもたらした	5つの利点とは1. 市場までの時間短縮 2. 3Dプリントにより、工具費を節約 3. 積層造形で廃棄物を削減 4. カスタマイズされているのでQOLの向上に役立つ。3Dプリントは完全にカスタマイズ可能であるため、義肢の設計と構築のプロセスに大きな変化をもたらした。5. 重量の軽減。
46	2020年	記事	3D Start Point	米国	産業用3Dプリント技術で積層造形を製作	Essentium社は自社の開発する生物医学系の材料を使って義肢ソケット、靴、装具、インソール等を3Dプリントで製作。
47	2015年	—	3D Print	イタリア	Creating Lifelike Prosthetics with 3D Printed Silicone 3Dプリントシリコンによるリアルな義肢製作	3Dプリントされたシリコンに肌の色を付け、足指や爪を加え、細部まで手作業で作られた義肢は本物そっくりの仕上がり。難点はコスト。
48	2020年	記事	Techaeris	米国	How 3D printing is transforming the healthcare industry 3Dプリンティングが医療業界をどのように変革しているか	3Dプリンティングと積層造形は、必要とする人の義肢装具を構築する時間を大幅に削減する。例えば、3Dプリントサービス社(Fictiv)は、完全にカスタマイズされ3Dプリントされた部品を、高水準の技術によりわずか24時間で利用できるとしている。
49	2019年	記事	The Vet Futurist	スペイン	3D Printing Medical Breakthroughs – And What They Mean For Us Vets 3Dプリントの医学の進歩—そして、それらが私たち獣医にとって意味すること	スペインの3DプリンティングExovite社は、3Dスキャナーを使用して、動物用の副子を製作している。四肢用デバイスだけでなく、頭蓋骨に複数の骨折をした動物の3Dプリントマスクなども作られている。サイの角を3Dプリントして蘇らせた例もある。
50	2014年	記事	lemagazine	カナダ	Building bridges between CAD-CAM hardware and O&P market needs CAD-CAMハードウェアとO&P市場ニーズの橋渡し	カナダのケベックにあるTechMed 3Dは義肢装具製造のための身体測定技術とデジタルアプリケーションを専門としている。ハンディスキャナーのBodyScanで取り込んだ画像をソフトウェアのMsoftで3Dモデルを自動で作製する。
51	2019年	記事	Your Health Matters	カナダ	Could 3D printing make prosthetics quicker and more comfortable for patients? 3Dプリンティングは、義肢をより速く製作し、患者にとってより快適にすることができるか？	カナダの医師が義肢装具士のチームと Nia Technologiesと協力し、3Dプリントシステムが、従来の方法よりも高速で、費用対効果が高く、患者にとって快適であるかどうかを調査している。時間とコストの節約を評価している。現在、ソケットを3Dプリントするのに6時間かかる。
52	2017年	記事	TRIMECH	米国	Medical 3D Printing (Part 1): Prosthetics, Orthotics, Bionics 医療用3Dプリンティング(パート1): 義肢、装具、バイオニクス 積層造形技術により、テーラードの義肢、装具、バイオニクスを実現	従来の製造プロセスと材料は、現在必要とされるデバイスの実現を困難にする可能性がある。このブログでは、医療業界が3Dプリンティングと3Dスキャンを利用してこれらのハードルを克服する方法を探る。
53	2019年	記事	3DFolkes	英国	Advantages of 3D Printed Prosthetics 3Dプリント義肢の利点	子供用3Dプリント義肢の利点、費用、速度、汎用性、快適さの点について。
54	2019年	報告書	WHO, Executive Summary: social impact from scientific research	英国 他	Technologies to Enhance Quality and Access to Prosthetics & Orthotics: the importance of a multidisciplinary, user-centred approach 義肢装具への品質とアクセスを強化する技術: 多岐分野にわたるユーザー中心のアプローチの重要性	カンボジアと英国の義肢装具(P&O)プロジェクト「LMIC Limbs」の開発の背景にあるストーリーを紹介。プロジェクトの範囲の特定と方法、コラボレーションの基礎となるプロセスとその反映について説明。
55	2019年	記事	The Garage HP (Hewlett-Packard)	米国	How 3D printing is transforming lives with better fitting, and better looking, prosthetics 3Dプリントがどうやってフィッティングを改善したか、 見えの良い義肢がどう生活を変えたか	3Dプリント技術で製作された義肢でQOLが向上した人たちの事例、関わった会社の紹介。 ブルガリアのProsFitは3DスキャンとHP Multi Jet Fusion 3Dプリンターを使用して、義肢ソケットの取り付けと製造プロセスを改善している。自身も切断者でエンジニアのデバッドは機能的で美しい義肢カバーを作製するPrint My Legというプロジェクトを立ち上げた。カバーは、HP Multi Jet Fusionプリンターを使用して3Dプリントされる。
56	2014年	記事	DWD (Dealing with Different)	—	The Future is Here: 3D Printed Prosthetics 3Dプリンティングのおかげで安価で迅速に義肢を手に入れる世界がやってきた	従来の義肢装具に比べ、3Dプリント技術によるものは、費用、快適さ、スピード、汎用性、成長に適合の点から見ても利点がある。
57	2018年	記事	Redshift Autodesk	—	6 Prosthetic-Technology Breakthroughs That Promise Better Living Through Design デザインを通じてより良い生活を約束する6つの義肢技術の進歩	3Dプリント技術による義肢技術の進歩の6つの事例。1. 3Dプリント義肢が世界で最も貧しい地域の生活を改善 2. 残存肢の神経網で触覚を回復。ユタ大学の研究者たちは残存肢の触覚を復元する方法を見つけた。それは、研究者によって残存肢の中の神経に埋め込まれた電極が情報網を形成し、脳がその情報網を触覚として認識する、というものである。 3. 人間の手の器用さに近づく義肢。シカゴ大学の生物学の准教授は「それには、人間の脳が信号を処理する方法をより深く理解する必要がある。」と述べた。(これ以上の詳細なデータはありません(鳴原) 4. 蒙州で初、犬の義足例 5. 科学者が期待する義肢に対する脳の役割 シカゴ大学では義肢と触覚の役割を研究している。脳活動をさらに研究することで、脳からの命令を義肢に送信し、ユーザーがより広い範囲の動き(さらにはスポーツをする能力さえも)ができると期待している。 6. 熱心な父親が子供のために3Dプリントを実践。
58	2018年	記事	3dprint	米国	Commercialization of 3D Printed Amphibious Prosthetic Leg Moving Forward with New Study 3Dプリント水陸両用義足の商品化、新たな研究	Finと名付けられた義足はカーボンファイバーで3Dプリントされ、水中に入る際にも取り換えることなく移動できる。Eschen Prosthetic & Orthotic Laboratories と Composites Prototyping Centerが設計、Northwell Healthが開発した。
59	2018年	記事	The Newstack	カナダ	Victoria Hand Project: Applying 3D Printing to Prosthetics ビクトリアハンド・プロジェクト: 義肢への3Dプリントの適用	ビクトリアプロジェクトではネパール、カンボジア、ハイチなどの地域に3Dプリンターを提供し、地元の人々に機器やソフトウェアの使い方をトレーニングする。設計にはSolidWorkCADが用いられ、データは3DプリンティングソフトウェアCuraに読み込まれ、Ultimaker 3Dプリンターで製作される。
60	2014年	記事	3D Printing Industry	カナダ	3D PRINTING A UNIQUE LIMB FOR A UNIQUE PERSON IN TWO WEEKS 人生に前向きな人が2週間で斬新な義足をデザインする	事故で左足下半分を失ったノバスコシア美術大学の学生がエンジニア、デザイナーチームの力を借りて自分の3Dプリント義足をデザインし、3Dプリント業界の3D Systemsが製作に協力した。
61	2015年	記事	Sci Dev Net Bringing science & development together through news & analysis	カナダ	開発途上国に住む下肢を切断した子供たちに安価な3D義肢を送る計画— 3Dスキャンと3Dプリントで迅速に—	ハンディ赤外線レーザースキャナーを使用して患者の残存肢を測定する。次にSocketmixerと呼ばれる無料のソフトウェアを使用して、1分未満でデジタル3D画像が生成され、ソケットが設計される。その画像が3Dプリンターに送信される。プリントには6~12時間かかる。
62	—	記事	トロント大学	カナダ	How 3D printing has sped up prosthetic development for people around the world 3Dプリントが人々の義肢開発を加速させた方法	Nia Technologies Inc.は、2015年に設立された非営利の社会的企業(social enterprise)である。トロント大学と協力して、ウガンダ、タンザニア等で3Dプリントなどの革新的な技術を研究、開発、展開している。Niaのシステムは自己完結型で、3D PrintAbilityと呼ばれ、ソフトウェアとハードウェア(スキャナー、プリンターなど)を1つの統合パッケージにしている。
63	2017年	記事	3d Printing Industry	ポーランド	GLAZE PROSTHETICS, SUPERHUMAN 3D PRINTED PROSTHESES FOR AMPUTEES 切断者のための超人3Dプリント義肢	ポーランドのGlaze Prosthetics社は、独自のソフトウェアを使用して、義肢を正確に残存肢に合わせることができる。義肢は、特別に製造されたポリアミドを使用して、EOS SLS 3Dプリンターで作製される。本体が3Dプリントされた後、デザイナーのチームに引き渡される。切断者が望むスタイル、色、修正に応じるのに約2週間かかる。

付録表8 海外記事等

	年月	種類	機関	国名	概要	詳細
64	2018年	記事	The Star	トーゴ	In Togo, hi-tech orthopaedic care goes through crucial test トーゴでハイテク整形外科医療は重要なテストを行った	3Dプリントは、手足の欠如、変形を持つ人々に、カスタマイズされた義肢装具を迅速に提供する方法である。慈善団体Humanity & Inclusionはこの技術提供で、義肢を多くの患者に届けることができる。この団体は貧弱な環境でこの技術をどのように使用できるかを調べる研究と臨床試験を推進している。2016年には、マダガスカル、シリア、トーゴで3種類の義足の臨床試験を実施し、その結果は非常に有望だった。
65	—	記事	Limbcarnation	インドネシア	LIMBCARNATION PROSTHETICSの活動 Helping Indonesia, one prosthetic at time 義肢をインドネシアへ贈ろう	Limbcarnation Prostheticsは、義肢装具を設計し、必要な人に無料で提供する非営利団体である。3Dプリント技術を使用し、患者に合わせて理想的に調整し、カスタムフィットされる義肢装具を構築する。3Dスキャン技術で、手足の仮想モデルを作成し、CADソフトウェアのBlenderにインポートする。義肢のパーツがプリントされると、手作業で組み立てる。
66	2018年	記事	einscan	トルコ	ORTHOTIC REPAIR FOR DISABLED SYRIAN CHILDREN BY USING EINSCAN-PRO 3D SCANNER EINSCAN-PRO 3D スキャナーを使ったシリアのハイテク義肢装具製作・インプリケーションセンターの取り組み	ハイテク義肢装具製作・インプリケーションセンターは他の組織と協力して3D技術を使いシリアの戦争難民に義肢を提供している。医師がEinScan-Proハンディ3Dスキャナーでスキャンする。データをGeomagicソフトウェアで編集して、モデルソケットを設計する。最後に義肢ソケットが3Dプリントされる。
67	2020年	記事	combscan	—	Introducing the latest in 3D Scanning for Orthotics and Prosthetics 義肢装具の最新の3Dスキャンの紹介	携帯電話技術の発展により、スキャン技術がiPhoneから直接できるようになる。アプリはiPhone X以降にインストールできる。
68	2016年	記事	Machine Design	—	3Dプリントのヒント—快適なソケットの重要性	快適な義肢にはソケットの材料が重要である。3Dプリントに使う素材は、ウレタンベースの素材のFlexy Fitと呼ばれるものや、熱可塑性エラストマー(TPU)など柔軟性のあるものが使われる。
69	2016年	記事	Design Spark	米国	3Dプリントの事例：3Dプリントの足を手に入れたアヒルなど	凍傷で両足首を失ったアヒルは、中学教師のおかげで3Dプリントの新しい両足を手に入れ再び歩くことができた。そのほか、3Dプリントのウェディングドレス、太陽光、風、温度変化から電気を発生させる有機太陽電池がプリントされた3Dプリントの葉など、3Dプリントの利用事例。
70	2016年	記事	click.com	米国	PROSTHETICS: A 3D PRINTING REVOLUTION! 義肢：3Dプリントによる革命	Bespoke Innovations、UNYQの最新の取り組み。Bespokeは複雑なスキャン・測定システムを使用して、患者の健全な側肢の3D画像を作製した。UNYQは携帯電話のカメラだけで3Dモデルを作製する独自の手法を開発した。
71	2018年	記事	Alliance of Advanced BioMedical Engineering(AABME)	米国 ドイツ	Alliance of Advanced BioMedical Engineering(AABME) AABMEは人間の健康の向上を目的としたエンジニア、生物学者、臨床医、科学者、研究者のネットワーク コスト削減のために3Dプリント技術を使用	Mecuris GmbH(ミュンヘン、ドイツ)は3-Dプリンティングソリューションを使用して義肢を開発。Stratasyは、義肢製造に使用できる3Dプリンター、ラビッドプロトタイプングソリューションのF123シリーズを開発・発売。
72	2020年	記事	Essentium	米国	高速押出3Dプリンター、高強度3Dプリント材料を販売	3Dプリンター、材料の販売の他に、Vorun社と共同で高速3Dプリンターを開発。他の押出プリンターより10倍速に3Dプリントでき、義肢装具の業界に貢献できるとしている。