

[招待論文：研究論文]

## 看護 x Fab

臨床ニーズに即応するものづくりによる新しいケア  
の実現に向けて

## Nursing x Fab

Toward Care Empowered by Needs Triggered Fabrication

宮川 祥子

慶應義塾大学看護医療学部准教授

Shoko Miyagawa

Associate Professor, Faculty of Nursing and Medical Care, Keio University

**Abstract:** 3D プリンターをはじめとするデジタルファブリケーションの普及によって、様々な分野で個人のニーズに合った個別のものづくりが可能となった。本論文では、個性の尊重が重視されるケアの分野において、デジタルファブリケーションがどのように活用できるかについて、現状の分析を行い、さらに実践例として我々の取り組みである「FabNurse」プロジェクトを紹介する。また、この取り組みが社会に広く行き渡るために必要となる技術的・社会的課題についても考察する。

The dissemination of digital fabrication devices such as 3D printers enables us the creative micro inventions to adapt various individual needs. In this paper, the author focuses on nursing care, which requires a respect for individuality and describes the current effort and micro inventions to adapt individual needs in nursing care field. Also the current result of the practical research called “FabNurse” is described. Further, the technical and social challenges to disseminate introduction of digital fabrication into nursing care are discussed.

**Keywords:** 看護、デジタルファブリケーション、個性、臨床ニーズ  
nursing, digital fabrication, individuality, clinical needs

### 1 ケアの現場での「様々な工夫」

「ケアのある生活」は、私たちの社会のあちこちに深く浸透している。病院や介護施設、学校、自宅などの様々な場所で、看護師・保健師・助産師や理学療法士・作業療法士、介護福祉士、養護教諭といった専門職、あるいは家族やボランティアなどの非専門職によって、経管栄養や吸引などの医療の

知識を必要とする援助から、移動や入浴、食事といった日常生活の援助に至るまで、さまざまな行為が実施され、それによって病人・高齢者・障害者を含む様々な人々が支援を受けながらともに暮らすことができる社会が成り立っている。近年、生活の中でケアを必要とする場面はますます増えている。超高齢社会の到来だけでなく、医療技術の進歩によってこれまでは在宅での生活が困難であった、継続的に医療的なケアを必要とする子供（医療的ケア児）が増えてきたことなどが生活の中でのケアニーズの増加を後押ししている。さらに、終末期のケアが必要にもかかわらず、医療機関、介護施設、自宅診療等のサービスを受けられない「看取り難民」は、2030年には47万人にのぼるとの予測もある。ケアを受けたいというニーズがケアを提供するサービスのキャパシティを大幅に上回っていることを示すこのデータは、在宅でのケアサービスが今後大きく成長していく可能性、またはそうならざるを得ない必要性を示唆している。

実際の臨床現場、特に在宅ケアの現場では、ケアを必要とする人の体調や生活状況、さらには、その人や家族がどのような生活を送りたいかという希望に合わせて、安全、安楽、自律を目的に様々なケアの工夫が行われている。このような工夫は、体位交換や入浴介助、食事介助といった手技の中で行われる場合もあれば、何かの「もの」を利用したり作ったりすることで行われる場合もある。後者の例として、カテーテルの抜去を防ぐために市販の薄手のストッキングでカバーをしたり、車椅子からのずり落ち防止のために独自のクッションを装着するといった工夫が日本慢性期医療協会によって紹介されている<sup>1)</sup>。この他にも、麻痺した手をベッド上で洗うための手浴用ベースンや、ベッド上で洗髪を行う際に水を吸収する洗髪シートの開発など、これまでは洗面器や紙おむつなどの既製品が用いられていたが、使いにくかったり倫理的に問題があるといった課題を抽出し、新たな汎用品として開発するという事例も見られる<sup>2) 3)</sup>。また、国際モダンホスピタルショウ「看護のアイデアで賞」(2018年度より「みんなのアイデアで賞」)では、現場の工夫や改善のアイデアから生まれたものづくりを顕彰する取り組みも行われている。

このように、ケアの工夫をケースとしてまとめて公表する、アイデアから生まれたものづくりの臨床評価を行う、良いアイデアについての表彰を行うというものづくりの取り組みや研究を推進する機会も少しずつ見られるようになって

てはいるが、全体としては現場で行われている工夫の多くは「その場限り」のものであり、組織内や組織間でノウハウの共有が行われるケースはまだ少ない。また、事例によっては、素材の強度が十分かどうかの検討がされていなかったり、使用する道具によって性能が大きく変わるなど、安全性に課題があるものも見られる。図1、図2は、あるホームページ上に公開されている在宅ケアの工夫の例であるが、これらの事例では安全面での十分な検討がなされていない可能性がある。図1のハンディ掃除機を使った吸引器は、ホームページには「掃除機は弱で使用すること」との記載があるものの、吸い込みの強さは掃除機によって異なり、吸い込みが強すぎると気道がふさがり、また気道を痛めるリスクがある。図2の園芸ポールを使用した点滴スタンドは、ポールの強

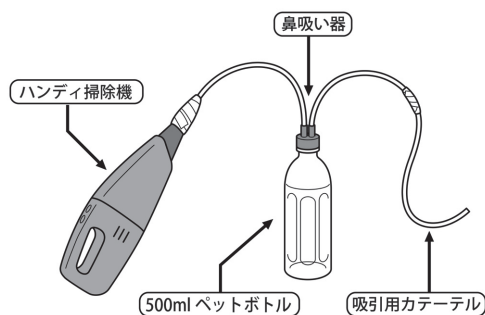


図1 ハンディ掃除機を用いた吸引器自作例

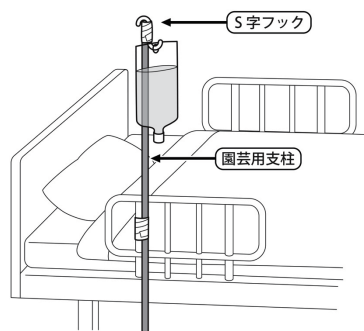


図2 園芸用支柱を用いた点滴架台の例

度が不明なため、破断するリスクがある。

ケアの現場での様々な工夫は、ケアを受ける本人やケアに向き合う家族・介護者の負担を軽減し、生活の質 (Quality of Life: QOL) を向上させる可能性を秘めている。このような可能性を最大限に引き出し、他方で「素人の一品生産」にありがちな安全性や耐久性の課題を克服するための研究が求められている。

また、このようなケアあるいは自助具における個別の工夫は、一つ一つは個別のニーズに対応するためのものである一方で、全国的、あるいは全世界的に見ると、同様のニーズを持っている人は大勢いる可能性もある。個別のニーズへの対応方法が広く公開・共有されれば、多くの人が同様の方法で課題の解決を試みたり、あるいはよりよい解決方法を提案し、シェアすることで、ケアのノウハウが蓄積される可能性もある。しかし、現状のやり方では、個別のニーズへの対応方法が広く共有されることは期待できない。ノウハウを集約し共有できる仕組みを整える必要がある。

## 2 デジタルファブリケーションによる「ケアのものづくり」

デジタルファブリケーションとは、3D プリンターやレーザーカッター等のデジタル工作機械を使った新しい生産プロセスの総称である。一般的な対象生産品を作る際に用いられる射出成形法では、熱して柔らかくした樹脂に圧をかけて金型に充填して冷却・固化させて成形する。デジタルファブリケーションでの生産では、金型を使わずにコンピュータ上で作成したデジタル 3D モデルを、3D プリンター等の機械を用いて直接成形する。高価な金型を使わずに一点からものづくりができるのが利点である。3D プリンターには様々な方式があるが、一般的によく使われているのが熱溶解積層法 (Fused Deposition Modeling: FDM) と呼ばれる方式である。FDM では、フィラメントと呼ばれるひも状の樹脂を高温で溶かしてヘッドから押し出し、ソフトクリームのように下から積み上げることで、プロダクトの成形を行う (図 3)。FDM の他にも、紫外線で硬化する樹脂を用いた光造形方式 (図 4) や、石膏パウダーを焼き固めて造形する粉末焼結積層造形などの方式 (図 5) がある。

デジタルファブリケーションは、3D プリンターの主要技術の特許が切れた 2009 年以降、低価格製品の参入が相次いだことから一般化されていった。

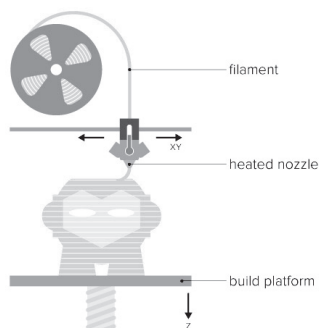


図3 熱溶解積層方式による3Dプリント

([https://www.3dhubs.com/what-is-3d-printing?utm\\_content=buffer29f26&utm\\_medium=social&utm\\_source=twitter.com&utm\\_campaign=buffer](https://www.3dhubs.com/what-is-3d-printing?utm_content=buffer29f26&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer))

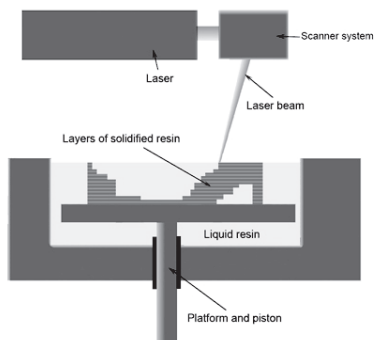


図4 光造形方式 (<https://ja.wikipedia.org/wiki/光造形法>)

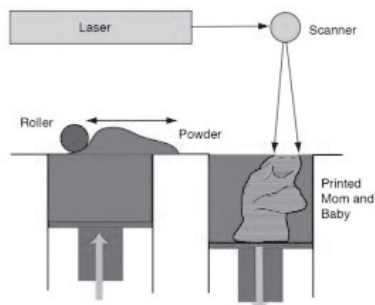


図5 粉末焼結積層造形方式

(<http://creativesculpture.com/blog/2012/06/must-see-3d-printing-of-ceramic-and-diy.html>)

---

FDM方式の3Dプリンターは、安価なものであれば5万円程度であり、個人でも導入可能な価格帯となっている。

デジタルファブリケーション機器が個人でも導入可能な価格帯になったことを背景に、ものづくりに関するノウハウを教え合ったり機材を共同で活用するといったコミュニティ活動が生まれてきた。FabLabは、3Dプリンターやカッティングマシンなどのデジタル工作機械を備えた、市民が自由に利用できる工房およびそのネットワークである<sup>4)</sup>。個人による自由なもののづくりの可能性を広げ、「自分たちの使うものを、使う人自身がつくる文化」を醸成することを目指している。2018年9月現在、国内で17、全世界ではおよそ1300のFabLabが稼働している<sup>5)</sup>。いくつかのFabLabでは、ものづくりのワークショップや人材教育プログラム開発などの、ものづくり社会形成を推進するための取り組みが行われている。FabLab以外にも、同様にデジタルファブリケーション機器を備えたファブ施設は2017年度の調査によれば全国で174を数えるまでになっている<sup>6)</sup>。

さらに、初心者でも扱いやすいCADソフトウェアや、CTなどの医療機器からのDICOMデータを3Dモデルに変換するソフトウェア、携帯電話で撮影した動画から3Dモデリングを行うソフトウェアなどの登場によって、身体や生活にフィットしたモデリングを行うための環境が整ってきた。

このような技術の進歩を背景として、デジタルファブリケーションの医療分野への応用事例も見られるようになってきた。外科領域では体内に埋め込む人工関節や人工骨の製造が始まっている<sup>7)</sup>。また、患者の臓器模型を3Dプリンターで製作し、それに基づく術前シミュレーションによって手術中のリスクを減らすという取り組みも行われている<sup>8)</sup>。その他、再生医療に用いられる細胞シートの3Dプリントなど、一人一人の患者にあわせたカスタムメイド医療において、デジタルファブリケーションの活用が期待されている<sup>9)</sup>。

同じく、福祉分野での3Dプリンターの活用も始まっている。福祉分野では、自助具と呼ばれる、日常生活での様々な動作を助けるためのツールが日々用いられている。食事や着替え、入浴、排泄、コミュニケーション、趣味や余暇の活動に至るまで、生活の様々な場面において、身体の障害を補い、自立を助け、生活をより快適に送るために工夫されたツールをデジタルファブリケーション

を用いて作成することで、これまではあきらめていた、あるいは介助者に頼んでいたことが自分でできるようになる。このことは、生活の中で取り得る選択肢の数が増えること、そして、生活上の様々なことがらを自己決定できるということを含み、自立生活を促進するといった効果が期待できる。

このように、医療や福祉の分野でデジタルファブリケーションの活用が進められている。一方で看護分野では、前述したように現場では様々な工夫が日常的に行われているにもかかわらず、デジタルファブリケーションの活用は未だほとんど見られていない。デジタルファブリケーションを活用できる環境が整っていないことやデジタルファブリケーションを活用するためのスキルトレーニング、さらには、ケアのものづくりに対して報酬が得られる診療報酬体系になっていないことなどがその理由として考えられるが、医療・福祉分野での応用事例をみても、看護分野でのポテンシャルは非常に大きいと考えられる。

デジタルファブリケーションの持つ特徴は、看護や福祉といったケアの現場で求められる一品ものづくりに適している。そして、患者の個別性を尊重するケアやテーラーメイド医療といった「人間中心の医療」において、このような一品ものが簡単に作成できることは大きな力になり得る。しかし、ケアにおけるデジタルファブリケーションの効果はそれだけにはとどまらない。第1章で述べたように、ケアの分野では日常的に様々な工夫が実践されている。その中には、ひもやフックといった手近にあるものを組み合わせてツールを作るといった簡単なものから、ジョイント金具やスイッチを使った複雑な働きをするもの、あるいは個人の体の形状にあわせたものまで様々なバリエーションが含まれている。一方で、このようなものづくりのノウハウは、それぞれのケアの現場にとどまっており、潜在的には多くの人が同様のニーズを持っている可能性があったとしても、それが組織や国境を越えて広く共有される機会は非常に少ない。デジタルファブリケーションを活用して個別のケアの工夫をデジタルデータで表現することで、そのデータをネット上で広く公開し、同じような課題に悩んでいる多くの人たちの助けとなることが期待できる。さらに、そのデータを使って別の人が改良を行い、よりよいケアツールとして再配布を行うというポジティブループができれば、国境を越えて世界のケアの現場をつなぎ、よりよいケアのためのノウハウを蓄積・交換していくというケアの知のプラットフォーム

フォームを実現することが可能となる。デジタルファブリケーションを活用したケアのものづくりは、ケアに関する情報共有のあり方を変え、ケア提供者、当事者、家族、ボランティアなど様々な人々が協働的によりよいケアを作り上げていくためのプラットフォームとなり得るのである。

### 3 FabNurse：デジタルファブリケーションを活用したケアのものづくり

筆者らが取り組んでいる「FabNurse：デジタルファブリケーションを活用したケアのものづくり」プロジェクトでは、3Dプリンター等のデジタルファブリケーション機器を活用した看護用具・用品の作成と臨床での応用可能性に関する研究を行っている<sup>10) 11)</sup>。この研究では、ケアの現場での工夫の抽出とデジタルファブリケーション環境を用いた看護用具・用品の試作、製作した看護用具・用品の機能評価、現場のニーズを実現するための製作プロセスの検討を行っている。本研究は病院や訪問看護ステーション等の臨床現場の協力を得て、ヒアリングやワークショップを通じてニーズの収集を行い、製作物を提示してフィードバックを得て、さらに改良を進めていくという方式を採用している。ヒアリングから製作までは、1週間から1ヶ月程度で行う。ソフトウェアによる3Dモデリングと3Dプリンターの活用がこのような短い期間での製作とヒアリング、改良のプロセスを可能にしている。以下に紹介する4つの事例は、公益財団法人ときわ会（以下「ときわ会」）の協力を得て製作したもの、および、筆者らが技術提供を行ってときわ会が製作したものである。

#### 事例1) 身体と環境にフィットしたガーグルベイスン

ベッド上で側臥位のまもうがいをする際に、水漏れを起こさないガーグルベイスン（うがいを受け止める容器）を開発した。ときわ会看護師とのワークショップにおいて、ベッド上で生活する患者が口腔ケアでうがいを吐き出す際に、ガーグルベイスンがうまく顔にフィットしないために、うがいのたびに水が漏れて不快な思いをしたり、タオルの交換などの手間になっているという事例が挙げられた。市販のガーグルベイスンは、材質が硬く、患者の顔の形や患者がうがいをする体勢にぴったりとフィットさせ



ることは難しい。そこで、患者がうがいをしている姿勢を撮影して 3D モデルを作成し、患者の体型や体勢にフィットするガーグルベイスンを設計した（図 6）。ガーグルベイスンは、慶應義塾大学と株式会社 JSR が共同で開発した Fabrial™ という柔軟性と生体適合性（皮膚への刺激が少ない）を兼ね備えた素材を用いて 3D プリンターで製作を行った<sup>12)</sup>。



図 6 フレキシブルガーグルベイスン

#### 事例 2) 入浴時の表皮剥離防止のためのアームカバーホルダー

介護施設等では、歩行や座位を保つことが難しい利用者の入浴の際、特殊な浴槽を用いて座ったまま、寝たまま入浴ができる機械浴とよばれる方法を用いる。この装置の金属製のアーム部に腕がぶつかり、皮膚の裂傷が起きるといったケースが報告されていた。この対応として、ときわ会の老人保健施設が主体となり、クッション材を用いたアームカバーおよびそれを保持するためのアームカバーホルダーを作成することになった。アームカバーホルダーは、着脱がしやすく、腕にあたっても痛くない素材でつくりたいという要望があったため、アームカバーのサイズを計測してそれに合わせて 3D モデルを作成し、3D プリンターで印刷を行った（図 7）。製作には、柔軟性のある PolyFlex™ という素材を用いた。このアームカバーおよびアームカバーホルダーは、ときわ会の特別養護老人ホームで使用されており、この使用により入浴の際の表皮剥離インシデントが減少したことが報告されている。

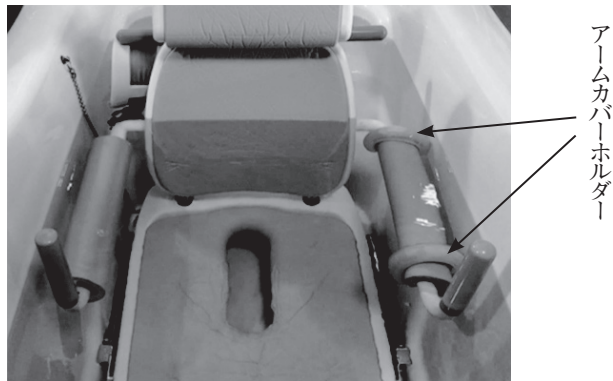


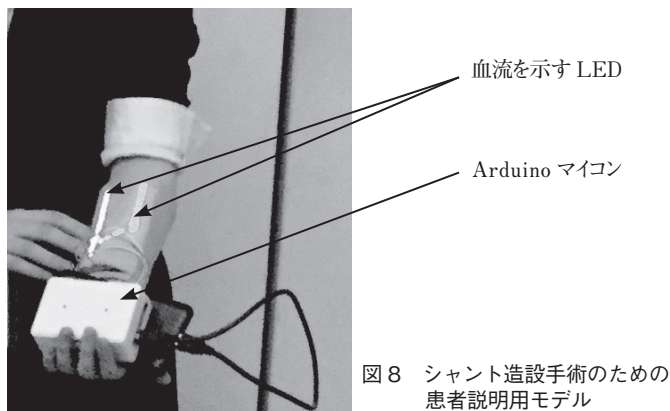
図7 入浴時の表皮剥離防止のためのアームカバーホルダー  
(写真右の矢印が示す2つの輪、公益財団法人ときわ会作成)

### 事例3) シャント造設手術のための患者説明用モデル

腎臓に疾患を抱える患者が人工透析を行う際には、透析器に十分な量の血液が流れるよう、内シャントと呼ばれる動脈と静脈をつないだ専用の血管を作る。この内シャント造設の手術の内容の説明や術後の留意事項が正しく伝わっておらず、患者がシャントの位置を誤解する、術後のシャントのメンテナンスが不十分になる等の問題が生じている。また、シャント造設後しばらくすると血管が隆起する場合があります、この際のボディイメージの変化に患者が戸惑うと言ったケースも見られる。そこで、手術の説明の際にシャントの機構と術後のボディイメージの理解を促進するためのモデルの作成を行った(図8)。このモデルでは、血流の変化を視覚的に理解できるよう、LEDをArduinoと呼ばれるマイコンボードで制御して血流を表現している。また、術後の血管の隆起がわかるよう、腕に装着して皮膚の盛り上がりを体験できるようになっている<sup>13)</sup>。

### 事例4) 低床ベッド用採尿バッグホルダー

膀胱留置カテーテルは、膀胱から尿を持続的に排出するための管であり、自力で排尿できない患者や全身状態が安定しない患者の水分管理に使用される。膀胱・尿道に通された管から排出された尿はカテーテルを通して



採尿バッグと呼ばれる専用のバッグに貯まる。近年、患者の転落による怪我を防止する目的で低床ベッドの導入が進んでいるが、低床ベッドを利用する場合、ベッド柵に取り付けられた採尿バッグの底が床についてしまうことによる汚染・感染が問題視されている。そこで、ベッド柵の形状に合わせたホルダーを3Dプリンターを用いて作成し、床に採尿バッグがつかないようにスペースを保てるようにした（図9）。

#### 4 デジタルファブリケーションが実現する「スーパーフィットものづくり」とケア専門職の役割

上に挙げた事例に共通するのは、ケアを行う上での課題が、既存の製品と



図9 低床ベッド用採尿バッグホルダー（公益財団法人ときわ会作成）

のミスフィットから発生していることと、そのミスフィットを解消することで課題を解決しようとしている点である。患者の身体や環境へのフィットが必要とされていることである。顔にフィットするガーグルベイスンはもちろん、入浴用アームカバーホルダーや採尿バッグホルダーも、個別の入浴機器やベッドの形状にフィットするものが求められる。シャント説明モデルにおいても、患者の治療への理解にフィットするツールであることが求められている。

我々は、日常生活において様々な「フィットしない」状況を抱えている。100円ショップで購入するS字フックのような様々なグッズは、台所の棚に何かを引っかけるなどのちょっとした生活上の課題を解決するのに役立つが、一方で「もう少し大きいと引っ掛けやすい」「もう少し短いと取り回しやすい」といった不具合を完全に解消することはできない。たいていの場合は、主体である自分をものに寄せていく、すなわち「我慢する」ことでこのギャップを解消している。これらのギャップは、我々の側が合わせることができているうちは特に問題を生じることはない。しかし、高齢になる、病気になる、怪我をする、障害を持つ等の様々な理由で身体や認知の能力が低下し、自分を環境に合わせることが難しくなったとき、このギャップは深刻な生活上の不便となり、生活の質を左右する一因となる。

ここで言う「フィット」とは、必ずしも身体へのフィットのみではない。身体へのフィット以外にも、ベッドや椅子や入浴機器といった身体を取り巻く環境へのフィットや、自宅か外出か、あるいは手術か投薬かといったオケイジョン（時や場合）へのフィットが考えられる。我々は、このような身体・環境・目的・運動機能などにフィットすることを目指したもののづくりを「スーパーフィットもののづくり」と呼んでいる。

このような「スーパーフィットもののづくり」は、特に身体へのフィットに関しては、従来は専門職（義肢装具士等）による計測と型どり、試用と微細な調整によって実現してきた。そのため、義手や義足といった高価な装具に限られ、また、個人の嗜好を反映できるようなオプションは非常に限られていた。

デジタルファブリケーションを活用することで、「スーパーフィットもののづくり」はこれまでよりも短い時間で、安価に実現できるようになる。ガーグルベイスンを例にとると、顔にフィットしたモデルを作成するために、患者がう

がいをしている体勢をスキャンする。ハンディ型のスキャン装置から直接 3D モデルを作成する方法や、携帯電話で撮影した画像をソフトウェアで合成して 3D モデルを作成する手法がある。作成した顔の 3D モデルにフチをあわせたガーグルベイスンモデルを作成する。このようにして作成したガーグルベイスンモデルを 3D プリンターで柔らかい素材を用いて印刷することで、顔にフィットしたガーグルベイスンが作成できる (図 10)。製作者が CAD に習熟していれば 1 日から 2 日で製作可能である。このように、タイムリーにスーパーフィットなケア用品を製作できる環境が整えば、これまで市販品を使って「フィットしていなかった」ことに起因する様々な「こまりごと」は解消されていく。日常の「ちょっとした不便」を解決できるスーパーフィット・ケア用品が様々な場面で取り入れられていけば、生活全体において自立度が上がり、ケアの必要度が下がっていくことも期待できる。これは、患者本人の QOL の向上だけでなく、患者を取り巻く家族などのケア提供者の QOL やケアの効率化によるケア事業者の収益の改善、さらには社会全体の医療介護費用負担の軽減にもつながっていく。

## 5 看護 xFab を実現するためのチャレンジ

実際にケアが提供されている病院や介護施設、在宅ケアなどの臨床現場で、

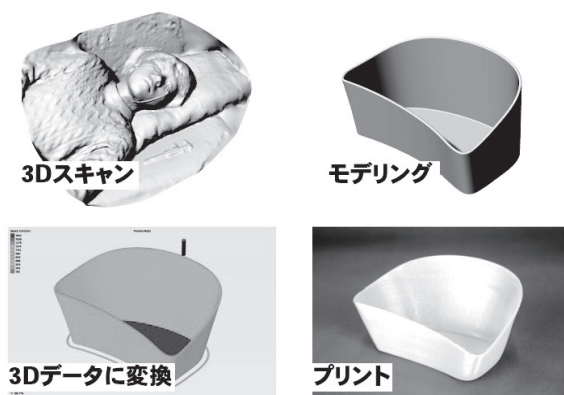


図 10 ガーグルベイスンの作成プロセス

これまで議論したようなスーパーフィット・ケア用品を作っていくためには、現場でどのようなケア用品が求められているのかという個別の臨床ニーズをつかみ、そのニーズをケア用品として具現化し、現場に導入してフィードバックを得るというプロセスが必要となる。では、このプロセスを実現するためには、どのような課題の検討が必要になるだろうか。

何よりもまず、作られた「もの」が「ケアに役立つ」すなわち、現場での困りごとを解決することが、ケアのもののづくりが満たすべき最低限の条件となる。さらに、実際にケアが提供される現場においてケア用品が継続的に利用されるためには、取り扱いの容易さと安全性についての検討も同時に必要になる。

困りごとを解決するためのツールがケアに役立つのは自明のことと考えられるかもしれない。しかし、実際には、目先の不便を解決するためのツールが、長期的には患者の QOL を下げるというリスクも存在している。たとえば、身体の可動域が少ないことを解消するために特定の自助具を使い続けることで、かえって可動域がより小さくなってしまうようなケースがこれにあたる。これを避けるためには、ツールを使う際にそれが患者のどのような困りごとを解決するものなのか、その困りごとはどのような身体状況や環境によって生じているのか、そして、困りごとを解決するためにはどのような選択肢があるのか、それぞれの選択肢のメリット・デメリットは何か、ということ、患者の QOL 全体を考えながら検討する必要がある。

デジタルファブリケーションを活用した看護が広く世の中に行き渡るためには、様々なチャレンジが必要となる。FabNurse プロジェクトチームが臨床現場での試行プロセスの中でとらえた課題は、「ものづくりと現場をつなげる看護師の育成」「安全性と安定性を満たす製作プロセスの検討」「サービス継続性」の3つである。以下、それぞれについて詳説する。

## 5.1 ものづくりと臨床をつなげる看護師の育成

デジタルファブリケーションを活用してケア用品を作成する際には、実現したいケアニーズや、使用する環境や患者利用者へのフィットについて考慮しながらモデリングを行い、素材を選び、印刷を行う。この一連の作業を誰が行うのかが第一の課題となる。ものづくりのプロセスは、ものによっては複雑にな

ることもあり、計測・安全性の検討・モデリング・印刷といったプロセス全体を看護師のみが担うことは合理的ではない。一方で、モデリング技術を持つ Fab デザイナーのみでは臨床現場のニーズを正しくつかむことは難しい。臨床現場からものづくりのニーズを的確につかみ、それを、よりよいケアの提供や健康状態の改善のためのケア用品に結びつけていくためには、ケアの技術を熟知し、患者や環境のアセスメントに長けた専門性を持つ看護師が必要となる。そのためには、現場の様々な「困りごと」をモノによって解決するというマインドを持ち、現場のニーズとものづくりをつなぐ役割を看護師が担うことができるようになるための育成プログラムの開発が求められる。さらに、そのようなトレーニングを受けた看護師の中から、高度なものづくりを実践し、現場の看護師に対してものづくりのトレーニングを実施できる看護師が育成されることで、組織的なエコシステムが構築される。

我々は、このようなものづくりのスキルを持った看護師を育成するためのトレーニングプログラムを開発し、試験的な実施を行っている。トレーニングプログラムの開発にあたっては、日本看護協会による看護師のクリニカルラダー (<https://www.nurse.or.jp/nursing/jissen/kaiatsu/>) を参考に、臨床現場でのニーズを把握する力、ニーズにマッチしたモデリングと印刷を行う力、多職種と協力する力、組織としての価値を生み出す力の 4 つの視点から、目標とする能力獲得のレベルを定義する FabNurse ラダーを作成した (図 11)。

この FabNurse ラダーに基づいて、Newbie (新人) 向けのトレーニングを開発・実施している。このプログラムは、2 時間程度で初心者向けの CAD (Computer Aided Design) ソフトウェアによるモデリング、作成したモデルの 3D プリンターによる印刷、モデルをケア用品が使われる環境にフィットさせるための計測の方法について学ぶ構成になっている。

慶應義塾大学看護医療学部では、2016 年から「マルチメディア表現」の科目において、3D プリンターを使ったケア用品の作成方法に関する演習を展開している。授業内では、実際に 3D モデリングソフトウェアやキャンパス内に設置された 3D プリンターを活用して、学生が実習等で発見したニーズをケア用品として表現する手法を学んでいる。この科目の狙いは、演習を通じて「ものづくり」が看護における課題を解決するための手法として利用可能であるこ



FabNurse Ladder

| レベル            | ありたい姿                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Newbie         | <ul style="list-style-type: none"> <li>やる気がある</li> <li>単純なCAD(TinkerCAD等) でネームプレート程度のモデリング・出力ができる</li> <li>自分の担当する臨床現場の課題を解決するモノのニーズを発見することができる</li> </ul>                                                                                                                                       |
| Standard       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fab専門職と協力して自分の担当する臨床現場の課題を解決するモノのプロトタイプを作成できる</li> <li>作り出すモノが持つべき機能について説明できる</li> <li>造形されたモノがその機能を果たしているかを評価できる</li> <li>フィットするモノを作るため、定規、巻き尺、ノギスなどの計測機器を使って身体や環境を計測することができる</li> </ul>                                                                 |
| Quality Expert | <ul style="list-style-type: none"> <li>CADソフトウェア (Fusion360, Simplify等) を用いて単純なデザインのモノを設計して、3Dプリントできる。</li> <li>ケア用品の用途および素材に応じた品質管理方法の検討および実施ができる</li> <li>Newbieのトレーニング、講習会講師ができる</li> <li>他の医療職やFab専門職と協力して課題を解決するモノをデザイン・造形できる</li> <li>フィットするモノを作るため、スキャン装置を活用して身体や環境を計測することができる</li> </ul> |
| Full Expert    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fab専門職と協力してスキャンデータの活用などによる複雑なモデリングを行うことができる</li> <li>3Dプリントの素材選択ができる</li> <li>モデル微調整、スライスソフトウェアパラメータの調整ができる</li> <li>Standardのトレーニング、講習会講師ができる</li> <li>マネジメント職と協力して、組織内での看護Fabの導入・実施・評価ができる</li> </ul>                                                   |
| Quality Master | <ul style="list-style-type: none"> <li>品質評価結果の管理基準の構築ができる</li> <li>品質管理技術構築、標準構築ができる</li> <li>Quality Expertをトレーニングできる</li> </ul>                                                                                                                                                                |
| Master         | <ul style="list-style-type: none"> <li>新しいモデリングフロー、製作フローを構築できる。</li> <li>フローの標準が作成できる。</li> <li>Full Expertをトレーニングできる。</li> </ul>                                                                                                                                                                |

図 11 FabNurse ラダー

とを学ぶことと、3D プリンター等のデジタルファブリケーションによってどのようなものづくりが可能になるのかについて知り、ものづくりを専門とする人たちと協働するための基礎的な能力を身につけることである。

## 5.2 安全性と安定性を満たす製作プロセスの検討

デジタルファブリケーションを活用したケアのものづくりが、それを必要とする様々なケアの現場で実践されるためには、ものづくりにおいてどのような点を考慮すべきか、どのような手順において製作と評価を行うべきかといった製作プロセスを一定程度標準化しておくことが望ましい。FabNurse プロジェクトでは、医療機関やケア事業者の協力による試作品の開発を通じて、安全性および安定性の観点から製作プロセスに関する検討を行い、それを以下のように定義した。

安全性：以下の3つの条件をすべて満たす状態

- 1) 作られたケア用品が通常の使用に耐える十分な強度を持つこと
- 2) 継続使用に必要な洗浄や滅菌ができる素材や形状であること
- 3) 使用にあたって必要となる注意点が明確であること



安定性：

求める品質のケア用品を必要ときにタイムリーに作ることでできる手順が明確になっていること

安全性 1) を確保するためには、使用時にかかる負荷と求められる強度の予測および作られたものが必要な強度を満たしているかをチェックするプロセスが必要となる。安全性 2) については、医療安全の分野で用いられているスポルディングの分類等を活用して、製作するケア用品がどの分類に当てはまるのかを検討することで、その分類に相当する洗浄／滅菌手法が実現可能な素材や形状を選択することができる。安全性 3) は、素材上の注意点（使用可能温度等）および破損したときのリスクについて検討し、安全な使用のための条件を説明文書として提供することで実現可能である。

安定性の実現のためには、同じケア用品が確実に再度作れるようなプロセスの記述方法が必要となる。デジタルファブリケーションは、作成したモデルデータをシェアすることで、他の人が作ったプロダクトと同じ形のものを自分たちでも簡単に作ることができるようになる。一方で、品質的な面で全く同じものを作ることは必ずしも簡単ではない。一般的な 3D データのファイル形式である STL や OBJ 形式のファイルに含まれているのは、形状に関する情報のみであり、使うべき素材、印刷温度や速度等のプリンター設定などの情報は含まれていない。異なる素材、印刷温度、速度で作成したプロダクトは、みかけ上の形は等しくても耐久性などの品質は必ずしも同じではない。STL や OBJ 等の形式のデータを 3D プリンターで印刷する際には、一旦印刷用のソフトウェアにデータを読み込んで、3D プリンターのヘッドを動かすための gcode と呼ばれる情報に変換する。プリンター設定に関する情報はこの印刷用ソフトウェアで設定されるため、印刷用ソフトウェアの設定情報を 3D データといっしょにシェアすることで、ハードウェア・ソフトウェア環境を同じにすれば、同じ条件での印刷が可能になる。一方で、プリンター設定情報は今のところ標準化の用途は立っておらず、ソフトウェアの種類が変わると設定情報のフォーマットも変わってしまい、互換性がない<sup>14)</sup>。プリンター設定情報の標準化など、設定情報を共有できる仕組みの整備が今後必要となっていくであろう。

### 5.3 サービス継続性

サービス継続性とは、デジタルファブリケーションによるケア用品の製作がより良いケアの提供と人々の QOL 向上につながることで、また、ケア用品の製作者、提供者らにとっても利益を生み出すような価値を創出し続けることを指す。継続的なサービスを構築するためには、ケアのものづくりにどのような人々が関わるのか（ステークホルダー）を吟味した上で、提供されるべきサービスの見取り図（サービスデザイン）、それぞれのサービスの担い手から創出される価値（バリューチェーン）を定義し、各ステークホルダーのビジネスモデルを検討する必要がある。筆者らは、慶應義塾大学 SFC 研究所ファブ地球社会コンソーシアムのナースینگ・メディカルケアワーキンググループにおいて、複数の企業、医療機関、ケア事業者と協働でサービス継続性のためのビジネスモデル検討を進めている。ワーキンググループでは、これまで実施してきたケア製品の試作プロセスの振り返りから、ケアの課題や困りごとからバリューへとつなげるものづくりのデザインシナリオが定義された。今後、このデザインシナリオから各ステークホルダーのビジネスモデルを構築し、実証へと進めていく。

## 6 まとめ

本論文では、3D プリンター等のデジタルファブリケーション機器を活用したケア用品の製作について、医療機関、ケア事業者、Fab 関連企業とのコラボレーションによる試行を通じて考察を行った。これからの課題として、ものづくりとケアの現場をつなげる専門職育成、安全性と安定性を満たす製作プロセス、ビジネスあるいはサービスとしての看護 x Fab の継続性を挙げた。これらの課題をさらに検討しより良い解の開発へとつなげるため、より多くの教育機関、医療・ケア事業者、医療関連企業、Fab 関連企業、市民組織等がこのテーマに参画し、様々な協働が起きることを期待している。

### 謝辞

本論文を執筆するにあたって、慶應義塾大学環境情報学部の中田浩也教授、政策・メディア研究科特任助教の増田恒夫氏、政策・メディア研究科修士課程の吉岡純希氏より貴重なご意見をいただきました。また、本研究で紹介した成果の一部は、公益財団法人ときわ会との協働によるものです。ここに記して感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 日本慢性期医療協会運営委員会 (2013)「身体拘束廃止のためのケアの工夫事例集～ファースト・ステップ～」日本慢性期医療協会, 2013. 4.
- 2) 中田弘子他 (2010)「手浴用ベースンの開発とその臨床評価」『石川看護雑誌』Vol. 7, pp. 81-86.
- 3) 佐藤厚子他 (2014)「新たに開発した「洗髪シート」の実用性に関する調査」『弘前医療福祉大学紀要』Vol.5 No.1, pp. 69-75.
- 4) What is FabLab, <http://www.fabfoundation.org/index.php/what-is-a-fab-lab/index.html> (as of 2018.9)
- 5) Labs, <https://www.fablabs.io/labs> (as of 2018.9)
- 6) 日本のファブ施設調査——2年で倍増、商業施設から小さなラボまで広がる多様性 (2017) [https://fabcross.jp/topics/research/20171201\\_fabspace.html](https://fabcross.jp/topics/research/20171201_fabspace.html) (as of 2018.9)
- 7) 藤林俊介他 (2018)「3D プリンターで造形した人工骨の開発 (特集 ロコモティブ シンドロームのためのバイオマテリアル)」バイオマテリアル: 生体材料 (Journal of Japanese Society for Biomaterials 36(1), pp. 52-57.
- 8) Qiu, K., Haghighashtiani, G., McAlpine, M. C. (2018) “3D Printed Organ Models for Surgical Applications”, *Annual Review of Analytical Chemistry*. 11(1), pp. 287-306.
- 9) 川勝美穂、大嶋利之、中山功一 (2014)「バイオ 3D プリンティング技術を用いた立体的細胞構造体の作製」『日本印刷学会誌』51(1), pp. 18-22.
- 10) FabNurse プロジェクト <http://fabnurse.org> (as of 2018.9)
- 11) 常盤拓司、宮川祥子 (2016)「看護×ファブ: 可能性と課題」『ヒューマンインタフェース学会誌』18(3), pp. 191-195.
- 12) Ryosuke Wakasugi, et al. (2017) “3D printing and IoT for personalized everyday objects in nursing and healthcare”, *The International Conference on Serviceology*, 2017/07/12-14.
- 13) 渡邉静佳、宮川祥子、吉岡純希 (2018)「内シャント造設術におけるインフォームドコンセントのための電子工作模型の製作過程と考察」『第19回日本医療情報学会看護学術大会論文』2018/07/06-07.
- 14) 田中浩也、齋藤和行、守矢拓海 (2017)「3D プリンティングにまつわる情報学的研究課題: データ標準化, 次世代モデリング環境, AI との連結」『情報管理』60(6), pp. 403-411.

[受付日 2018. 10. 6]