

特集 ■ VR と 3D プリンタ

3D ゲルプリンタが加速する材料のデジタル化



齊藤 梓
Saito Azusa



古川英光
Furukawa Hidemitsu

山形大学

1. VR と 3D プリンタ

3D プリンタは、コンピュータ内の 3D データを現実空間に実体化させるツールであるため、VR の一つであると言われている。先日行われた「東京タワチカ・ラボ」というイベントでは、東京タワー地下のタワーホールでゲーム、音楽アプリ、Oculus、プラモデルなどと並び 3D プリンタの展示が行われ、3D プリンタはエンタテインメントの分野でも注目を集めている。エンタテインメント性の高い VR の使われ方と言えば、Oculus のようにヘッドマウントディスプレイに映し出す、アミッドスクリーンとプロジェクターを使って映し出すという映像表現が一般的である。それらに比べて、3D プリンタは、コンピュータ内のデータをモノとして作り出すことを可能にする装置である。つまり、3D プリンタがあれば、仮想世界にいるキャラクターを見るだけ、声を聞くだけではなく、触れることができるのである（図 1）。

しかし、現在普及されている 3D プリンタは硬い材料を使用するものがほとんどである。我々が頭の中でイメージしているキャラクターの触感をリアルに表現できる 3D プリンタが待望されている。

2. ゲルとは

人の体の触感に近いものとして、どんなものが想像されるだろうか。こんにゃくやゼリーは、かなり人肌に近い触感を持っている。こんにゃくやゼリーは、ゲルという変わった物質である。ゲルは、ぷるぷるとした独特な触感を持っている。これは、ゲルの主成分が水などの液体だからである。普通の液体は、決まった形を持たないが、ゲルは形を持っている。ゲル内には、高分子のネットワークが張り巡らされていて、このネッ



Copyright 2014, 2015 Kyoyuu Corp / i-Pairs Inc. All Rights Reserved.

図 1 「東京タワチカ・ラボ」のイメージキャラクター『透野千夏』
(<http://www.tohno-chika.com/>) の
CG(左)と 3D プリンタで造形したフィギュア(右)

トワークと液体分子とが相互作用して引きつけ合っているため、液体は外にこぼれず形を保っていることができる。人の体の約 60%が水分であるということは、よく知られている。この水が、こぼれでないのもタンパク質という高分子との相互作用のためである。つまり、人の体もこんにゃくやゼリーと同じゲルという物質であると考えることができる。ゲルを自由造形できれば、触感もリアルなフィギュアが実現する。しかし、ゲルの自由造形は難しい。図 2 にシリコンの型と型によって造形したゲルフィギュアを示す。UV 光を当てることでゲル化するため、型は透明でなければならない。型からの剥離が難しいため、ディテールに至る精巧な表現はできなかった。

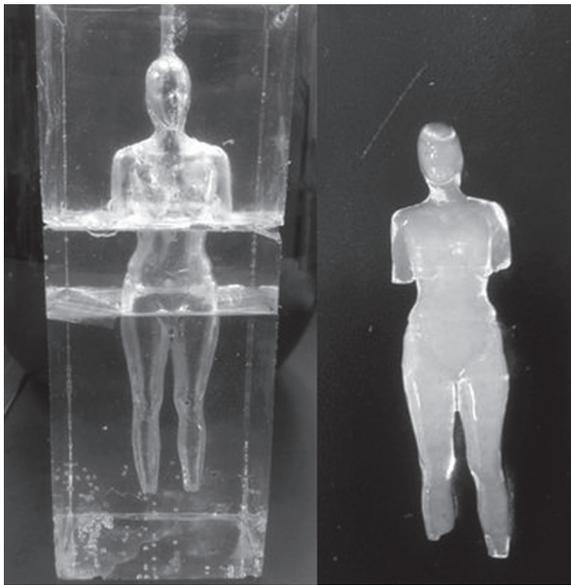


図2 シリコンの型と注型によるゲルフィギュア

3. ゲルの自由造形

触感がリアルなフィギュア以外にも、ゲルは生体と近い性質を持つことから、人工血管や人工軟骨などのインプラントや手術の練習用のリアルな臓器モデルとしても応用が期待されている [1]。しかし、まだゲル製品があまり見られないのは、ゲルの精密加工が確立していないからである。ゲルの精密加工には、従来の切削加工、注型加工が適用できない。そこで、筆者らは、ゲルの3Dプリンティングシステムを提案し、ゲルの精密加工が可能な3Dゲルプリンタ「SWIM-ER(スイマー)」を開発している [2]。開発中の装置を図3に示す。

SWIM-ERは、バスタブ方式の3Dプリンティングシステムである。ゲルになる材料をバスタブという反応槽

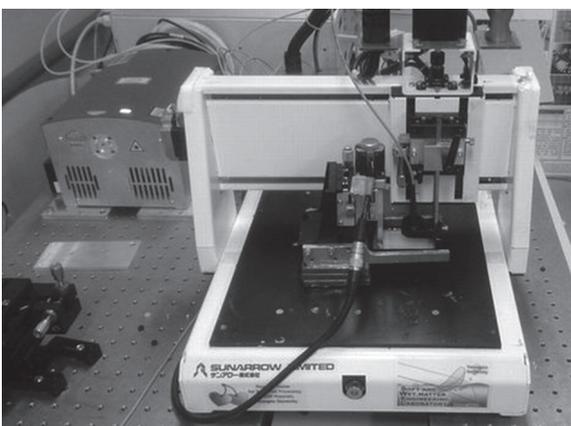


図3 3Dゲルプリンタ「SWIM-ER」

に入れ、光ファイバを通ったUV光を照射し、照射された部分のみをゲル化させる。光ファイバを3次元方向に走査することで、ゲルの自由造形を可能にする。

この装置の開発が進めば、触感がリアルなゲルフィギュアやゲル臓器モデル、新しいウェアラブル製品、柔らかいロボットなど様々なゲル製品が実現するだろう。

4. ゲル造形物の評価

3Dゲルプリンタで造形された物体は、どのように評価すれば良いのか。透明なゲルの場合は、図4に示す走査型顕微光散乱「SMILS(スマイルズ)」という装置を用いた非破壊評価が可能である [3]。図5にSMILSを用いたゲルの内部イメージングの概念を示す。SMILSは、動的光散乱の原理を用いており、散乱光の時間変化を分析する。ゲルの内部ではブラウン運動が起きており、このブラウン運動の速さは、ゲルの網目サイズと直接関係している。したがってSMILSによって、ゲル内部の網目サイズを定量的に決定することができる。ゲルの網目サイズは、直ちに弾性率に換算することができるので、硬さのマッピングも可能である。

3Dプリンタを活用する上で、造形物の評価が可能であることは決定的に重要である。SWIM-ERとSMILSの

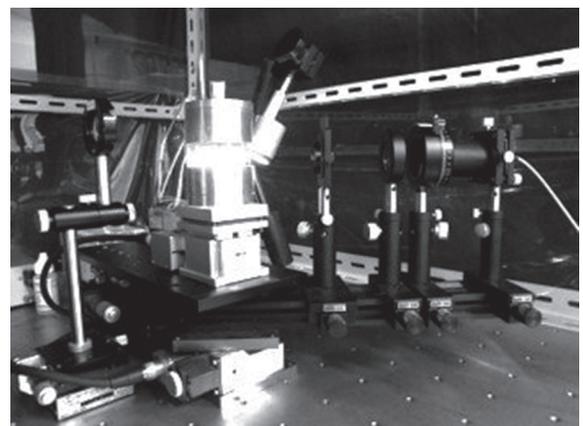


図4 走査型顕微光散乱「SMILS」

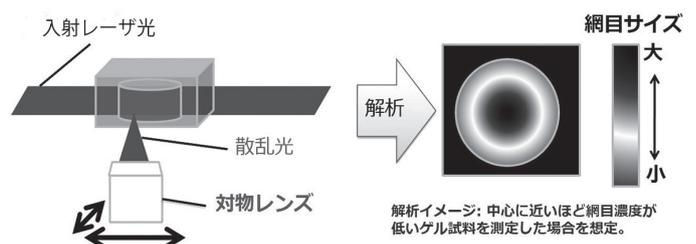


図5 SMILSを用いたゲルの内部構造イメージングの概念図

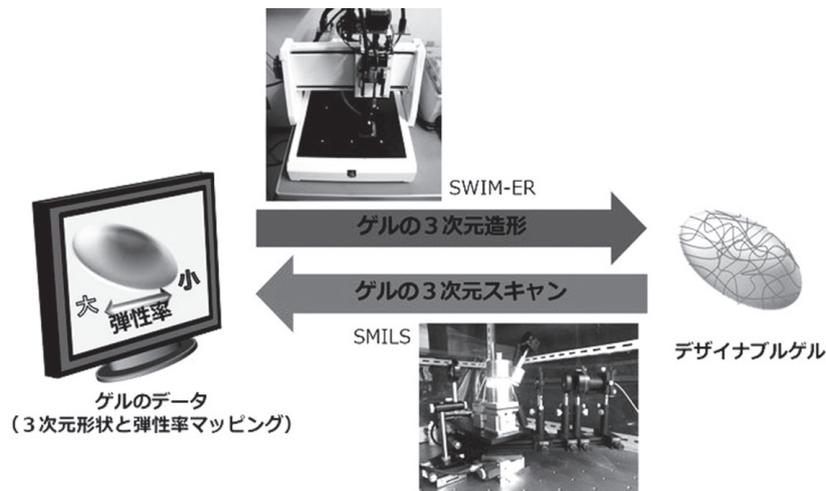


図 6 GelDup の概念図

組み合わせによって、様々な造形物を非破壊で評価し、望んでいるような内部構造ができていないかを確認することができ、ゲル造形物の品質保証が可能になる。このような 3D 造形物のその場品質保証によって 3D プリンタによる微細加工の精度向上やデバイス開発がはじめて実用化されると考えている。

5. 3D デジタルデータのもたらす意味

SMILS に 3 次元走査機構を取り付けることができれば、3D ゲルスキャナができることになる。理論上、この 3D ゲルスキャナは、ゲルの内部の 3 次元弾性率マッピングが可能である。そこで、3D ゲルスキャナと 3D ゲルプリンタを組み合わせれば、図 6 に示すような「GelDup(ゲル・デュープ)」というシステムを構成することが可能である [4]。

ゲルのスキャンデータがあれば、見た目も中身も硬さも同じゲルを作ることができる。

例えば、この GelDup を使って、ソフトコンタクトレンズに使用することを考える。ソフトコンタクトレンズを直接 3D ゲルスキャナで解析すれば、3D デジタルデータに変換することができる。ひとたび 3D データになれば、もしレンズに何らかの不具合が生じた場合、3D データを 3D ゲルプリンタに電送することで、同じ硬さをもったゲルレンズを造形できる。しかも 1 つではなく、いくつでも複製することができる。

ここで「デジタル化」することの質的転換について説明したい。ゲルの 3D データのデジタル化は技術開発の段階としてどのように位置づけたら良いのだろうか。そこで、図 7 に示すような進化とのアナロジーを考えたい。電話が携帯電話になったり、郵便がファックスになった

電話	→ 携帯電話	→ スマートフォン
郵便	→ ファックス	→ 電子メール
お金	→ クレジットカード	→ 電子マネー
ゲル	→ 3Dゲルプリンター	→ 電子ゲル (e-ゲル?)

図 7 デジタル化がもたらす 2 段階イノベーション

り、お金がクレジットカードに変わったりして「デジタル化」した時、古いモノをエレクトロニクス技術や通信技術によって、より便利で使いやすく、手間を短縮するような発展があった。ところが、その次の段階として、インターネット技術と融合することにより、情報がインターネット上でやり取りされるようになり、そのモノの扱いが完全に仮想空間に取り込まれ、仮想空間の中で加工されたり、使われたりするようになっている。

このような見方をゲルに適用すると、今はまだゲルの 3D データがデジタル化されただけに過ぎないが、次の段階ではゲルが「電子ゲル」となって、仮想空間の中で微細加工されたり、デバイス開発の材料設計に使われたりするようになると予想される。

例えば、誰かがデザインしたゲルフィギュアのデータをインターネット上で共有すれば、世界中の 3D ゲルプリンタで同じものをつくることができる。そのデータをそのままではなく、自分の好みに合わせて、弾性率や縮尺を変えてから造形することも簡単にでき、理想的な形状、硬さを持ったフィギュアをつくるようになる。ゲルのデジタル化がさらに進み、電子ゲルになると、データのやり取りだけが行われるようになり、人々は理想的なデータさえ手に入れば満足するようになるかもしれない。

ところで、ゲルのデジタル化の進展には、どうやって

ゲルの情報を記述するののかという問題にぶつかる。たぶんここが次を考える起点になりうると思う。例えば、文章や画像がインターネットでやり取りできるようになるまでには、通信の形式、文字情報の扱い方、画像の圧縮など、数え上げれば切りがない程の技術の開発がなされている。これらは全て情報科学の分野で研究が進められたと想像される。もし、ゲルを本当にデジタル化しようとした時には、そのデータにはどのようなパラメータが必要になるだろうか。これまで、分かりやすくするために、3次元形状と弾性率マッピングと書いてきたが、ゲルの表面の触感を表現するためには、付着性や凝集性というような数値も必要になるだろう。このようなデータベースを作成できるのは、ゲル材料の専門家以外にありえない。一度データベースが作成できれば、ゲルを始めとする様々な有機材料をデジタル的に取り扱う化学系デジタルファブ・プラットフォームの構築が急速に進み、3Dプリンタで扱うことのできる材料の多様化が飛躍的に拡大すると考えられる。

今、情報系に関わっている研究者や工学者には、ぜひ材料系の専門家と協力することで、このような必然的な波を乗り越えていただき、日本が材料のデジタル化で世界をリードするという新しい夢の実現にご参加いただきたい。また、様々な材料がデジタル化することにより、仮想現実の世界でもモノの質感を表現しやすくなるのではないだろうか。

6. 材料のデジタル化：その社会実装へのアプローチ

しかし、この化学系デジタルファブ・プラットフォームが活用されるには、研究や教育分野以外にも、生活やビジネスの分野でのアプリケーション開発が不可欠である。筆者らは、明治大学・関西学院大学・慶応義塾大学と連携したセンター・オブ・イノベーション (COI) 拠点「感性に基づく個別化循環型社会の創造」[5]において、3Dゲルプリンタを活用した市民参加型のものづくり共創プラットフォームの開発に取り組んでいる。また、山形においては、樹脂系3Dプリンタ普及を進める「やまがたメイカーズネットワーク」プロジェクト[6]、3Dゲルプリンタを活用したゲル食品開発に挑戦する「米沢いただきます研究会」[7]、米沢駅にオープンした日本で初めての駅舎内ファブ施設「駅ファブ」[8]の運営などの地方におけるデジタル化された材料技術のアプリケーション開発を始めている。この先には更に、化学材料のメディア化と化学製品のコンテンツ化などの未来を考えているが、他所に書いたので参考にされたい[9]。

参考文献

- [1] 齊藤 梓, 古川英光 日本機械学会 2014 年次大会【F04100】機械材料・材料加工分野, マイクロ・ナノ工学部門, 設計工学・システム部門企画 次世代3Dプリンティングと関連技術「有機3Dゲルプリンタから始まるソフトマター・イノベーション」
- [2] H. Muroi, R. Hidema, J. Gong, H. Furukawa Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering Vol. 7, No. 2 (2013)
- [3] 日出間 あり, 古川英光, 走査型顕微鏡散乱 (スマイルズ) による微量ゲル状試料の構造解析システムの実用化, 工業材料, 59(4), 69 (2011) .
- [4] 渡邊洋輔, 古川英光, ゲル材料の3Dプリンタ・3Dスキャナの開発, 日本機械学会誌 116(2013年9月号) 659 (2013) .
- [5] <http://www.fms.meiji.ac.jp/create/>
- [6] <http://www.y-makers.net/>
- [7] <https://www.facebook.com/echefcom>
- [8] <http://ekifab.com/>
- [9] 古川英光, 3Dプリンターによる化学材料のデジタルメディア化 — やがて化学製品の「もの」はデジタルコンテンツ化する, 化学経済, 62(1), 21 (2015年1月号)

【略歴】

齊藤 梓 (SAITO Azusa)

山形大学大学院理工学研究科 博士研究員

2009年青山学院大学理工学部卒業, 2011年青山学院大学大学院理工学研究科博士前期課程修了. 2014年青山学院大学大学院理工学研究科博士後期課程修了, 2014年より現職. 専門は物理学.

古川 英光 (FURUKAWA Hidemitsu)

山形大学大学院理工学研究科 教授

1991年埼玉大学理学部卒業, 1996年東京工業大学理工学研究科物理学専攻博士課程修了. 1996年東京工業大学工学部助手, 2002年東京農工大学工学部助手, 北海道大学大学院理工学研究科助教授, 2009年より現職. 専門は高分子・繊維材料, 機械材料・材料力学. 著書『エコマテリアルハンドブック』, 『若手研究者のための有機・高分子測定ラボガイド』.