

座をつくり、座を動かす

-田中浩也研究室のコラボレーション

言うまでもなく、慶應義塾の原点は「塾」 である。慶應義塾大学湘南藤沢キャンパ ス(以下 SFC)において生活の核となる 「研究室」は、現在においてもやはり「塾」 的な側面を持つ。

ただ、SFCの研究室は、座学でじっと 学ぶというより、動きまわりながら経験の なかで学ぶことをより好む。躍動し、活 動も、運動もする。そして、他者や社会 と関わる。当然、壁にぶつかる。乗り越 えようとする。もがきながら次の一手を 探す。そうした泥くさいプロセスの中でこ そ、「知識」というより、本物の「力」を 獲得するのだ。このような「動き続ける塾」 を別の一言で言い表すと、何だろうか――。 私は、「座」だと思っている。われわれの 研究室は、「座」だ。

松岡正剛氏は、『面影日本 (Roots of Japan (s))』のなかで、かつての日本は「柔 らかい組織」によって支えられており、そ こには「結」「講」「座」「連」「組」といっ た、いくつかの種類があった、と述べている。 現在の社会で常識となっている、株式会社、 公共団体、学校、そして家族といった「単 位」以外にも、よりフットワークとネット ワークを活かした、機動的で有機的な仕 組みが無数に存在し、それが社会に活力 を与えていたという。

学生時代にジャズ音楽の活動を通じて その感覚を得た私は、2005年に研究室を 立ち上げて以来ずっと、その活動自体が ネットワーク型組織の実験場でありたいと 思い続けてきた。先の見えない今の時代 にこそ、そういった「やりかた」自体の 開拓が、大学の研究室に求められている のだという確信がある。2011年、ファブ (Fab) という新たな道具、そして世界観を 得た私たちは、最近になって、創造力と 触媒力を備えたデザイン・エンジニアリン

グ・スタジオとしての活動がようやく軌 道に乗りつつある。

誰かの意思とまた別の誰かの意思とが つながり、プロジェクトが立ち上がる。そ して共感する人々が内外からさらに集まり、 活動が展開していく様子の全体を、脳内 で図像としてとらえようとするとき、いつ も「星座」のようだ、と思う。ギリシャ時代、 人々は無数の星を見あげながら、点と点 を結びつけて線をつくり、線の集合か ら「図像(フィギュール)」を連想し、そ こに豊かな物語を立ち上げた。星座と星 座の関わりは、さらに上位の「神話」を 生み出していく。星座は、幾何学的であり、 象徴的であり、物語的であり、そしてネッ トワーク的でもある。

空の星座はただ外部から鑑賞するだけ でよかったが、研究室のプロジェクトは、 自分も内部に飛び込んで、その星のひと つにならなければならない点が異なる。も しくは、新しい星をつくりあげなければな らない。ある星座の心臓となる、輝く一 等星をつくりだせたならば、それは「コア 技術」と呼ばれるだろう。そして星座は 動かし続けなければいけない。かたちを 変え続けなくてはならない。実社会は常 に動き続けているのだから。

外向けには「デジタルファブリケーショ ン」そして「4D プリンティング」の研究 室と銘打たれた集団の内部で、いま実際 に起こっているのは「座をつくり、座を 動かす」ための、古くて新しいやりかた の再発明、そして日々の実践なのである。

鈴木健氏が、その著書『なめらかな社 会とその敵』で整理された、「膜」的な 組織の世界と、「網」的なつながりの世界。 その2つの世界の差異をも昇華してしまう ような、その両面の顔をどちらも持ちうる ような、相互浸透な細胞のような存在を

さらに目指していきたい。反応と拡散を 繰り返す、免疫系のような存在の姿を明 らかにしていきたい。

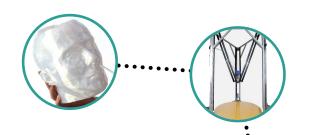
この冊子はその第一歩になるべく編ま



田中浩也

慶應義塾大学環境情 報学部教授。博士(工 学) 社会基盤工学。 1975 年北海道札幌市 生まれ。デザインエン ジニア/ソーシャルエ

ンジニア。専門分野は、デジタルファブリケーショ ン、3D設計/生産/製造システム、創造性の科 学と文化およびその支援。モットーは「技術と社 会の両面から研究すること」。



04 宮川祥子研究室, JSR,

キョーラク,ケアプロ,ときわ会グループ |

FabNurse Project

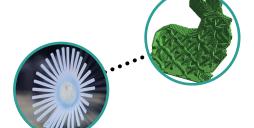
ケアとものづくりを結ぶ

田中浩也研究室

Project Book

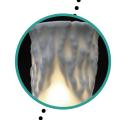
06 竹中工務店 | ArchiFAB, Fabrick Beehive, 壁掛けプリンタ

大型工作機械による 都市空間のリノベーション



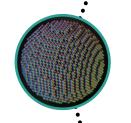
08 富士ゼロックス | FAV (Fabricatable voxel)

3D 表現を拡張する ボクセルフォーマット



10 ユニチカ | 4D Printed Nature

機能性フィラメントが実現する 「動き」の表現



11 大前学研究室 | 自動運転車の外装デザイン

社会に溶け込むモビリティのデザイン

12 ミマキエンジニアリング | ColorFab

Fab による新しい色彩表現の開拓



14 田中浩也研究室総集展〈予告〉

FabGene



在宅患者の家族が吸引を練習するための頭部模型

宮川祥子研究室、JSR、キョーラク、ケアプロ、ときわ会グループ | FabNurse Project

ケアとものづくりを結ぶ

看護医療学部とのコラボレーション

SFCには環境情報学部と総合政策学 部に加え、看護医療学部が設置されてい ます。田中浩也研究室と、健康情報学を 専門とする宮川祥子研究室を中心として、 ケアの現場にデジタルファブリケーショ ン(Fab)の技術を応用しようとする試みが 「FabNurse Project」です。

高齢化が著しく進む日本では、病院など の療養環境や医療従事者の不足が予測さ れ、訪問看護の利用や家族によるケアの重 要性が増加していくと考えられます。療養 の場が、病院という枠を越えて日常生活と 密接に関わっていくなかで、生活を取り巻 く住空間や利用するものの性質は、これま で以上に生活の質に大きな影響を与える ようになるでしょう。より個別性が重視さ れるようになるケアの現場において、Fab による自由度の高いものづくりは、これま で見過ごされてきた細かなニーズに応える 可能性を持っています。

患者の生活を支えるために、医師や看 護師、リハビリテーションの専門職や身近 な家族など多くの人が関わっています。こ の多様な関係性を支える新たな選択肢と してものづくりを加え、より患者の生活を 豊かにしていくことがFabNurse Project の目標です。

生活の質を向上させるもの

最初の取り組みは2014年10月、トライ アルプロジェクトとして、看護医療学部 の卒業生が運営する訪問看護ステーショ ン(ケアプロ訪問看護ステーション)に3D プリンタを導入したことからスタートしま す。当時、訪問看護師として勤務していた 吉岡純希(政策・メディア研究科修士2年) は、訪問勤務以外の時間を活用し、担当し ていた患者の要望を叶える「ペンホルダー」 を3Dプリンタで試作しました。疾患により つまむ動作ができずペンの筆圧をかけるこ とができなかった方が、このホルダーを用 いることで腕の力を用いて文字を書ける ようになりました。3Dプリンタでの製作 物が身体機能を補助しただけでなく、複写 式の重要な書類に他人に依頼することな く、一人でもサインできるようになったこと で、社会に主体的に関わるきっかけを強化 することにも繋がっています。他にも、日々 の訪問看護業務の中で発見してきた問題 やニーズをもとに、機能性と愛着を両立す

る動物型のフックや、在宅患者の家族が吸 引を練習するための頭部模型のプロダクト が試作されました。

訪問看護ステーションでのトライアル を経て、2016年4月には田中研究室と宮 川研究室の学生14名がプロジェクトに参 加しました。毎週の合同ゼミでは、看護を 学ぶ学生とものづくりを学ぶ学生が、お 互いの技術や知識を交換しながら理解を 深めていきました。医療施設や在宅ケアを 利用する家庭の見学や、医療従事者との ディスカッションを通じて発見された新た なニーズを基に、「患者自身が利用する自 助具「ケアの提供者が利用するケア用品」 「技術を学ぶための看護教材」の3分野を中 心として、多くのアイディアが形にされて いきました。

看護のためのFab技術

3Dプリンタをはじめとした民生用の Fab機材や加工に用いられるマテリアル (素材)は、必ずしもケア領域での利用を前 提にしたものではありません。現場からの ニーズに応えるために、応用方法のみなら ず、新しい技術開発にも取り組む必要があ りました。

患者の顔の3Dデータ から作られたうがい受け

ひとつは、データ作成や造形の技術です。痰の吸引を練習するための頭部模型を作るためには、人体のCTスキャンデータを3Dプリント可能なデータに変換し、さらに内部に機能的な構造を構築するために、複数のソフトウェアやデータ形式を取り扱っています。また、ニーズによって異なる柔らかさに対応するために、スポンジのような構造を作るモデリング手法や、3Dプリント時の印刷条件の最適化にも取り組んでいます。

もうひとつはマテリアルです。直接皮膚 に触れるものを作る際には、皮膚刺激性 の無いマテリアルを利用する必要があり ました。JSR株式会社との共同研究で開 発された「FABRIAL®」Rシリーズは、皮 膚刺激性テスト(ISO 10993-10準拠)に よる安全性確認済の材料をベースとし た、柔らかく肌触りの良い3Dプリント用 のマテリアルです。FabNurse Projectでは、 FABRIAL®を使って、患者の顔にフィット するうがい受けの開発を行っています。同 様に、研究パートナーであるキョーラク株 式会社のSMPフィラメント(形状記憶ポ リマーフィラメント)は、熱によって容易に 形状変更可能であるという特性を持つた め、身体にフィットするケア用品への応用 について検討を進めています。

FabNurseが社会に根付くために

ものづくりによるケアが社会に普及していくためには、技術だけでなく人材や社会制度からのアプローチも必要になります。現在は田中研究室と宮川研究室が中心となり、医療者や看護学生に向けたFab教育プログラムや、3Dプリント品の安全性を考えるためのガイドライン策定などを実施しています。立場も専門も異なるメンバーによる連携を支援するため、お互いの理解を促すコミュニケーションツールの作成や、サービスデザインに基づく関係性



の調査分析にも取り組んできました。福島 県いわき市を中心に医療・介護施設を運 営するときわ会グループの介護福祉施設 では、FabNurse Projectでトレーニングを 受けた看護師とのコラボレーションで、入 浴時の事故防止のためのツールや、車椅子 でのケガを防ぐためのツールを製作・導入 し、その効果の検証を行っています。

世界でも早期からケアとものづくりを繋いできた先駆者として、現場のニーズと技術のシーズを繋ぎながら、この活動を持続可能なものにするための実践が続いていきます。

宮川祥子研究室

宮川祥子研究室は災害情報学や健康情報学の分野を扱う慶應義塾大学看護医療学部の研究室。情報技術の活用によるヘルスリスクの軽減とQuality of Lifeの向上をテーマに、災害時の救護をスムーズに行うための情報システムの研究や3Dプリンタを活用したヘルスケア用品の製作に取り組んでいる。

JSR株式会社

JSR株式会社は1957年に合成ゴムの国産化を目指して設立された(旧社名:日本合成ゴム株式会社)。その後、エマルジョンや合成樹脂へと事業を展開し、1970年代後半からはそれらで培った独自の高分子技術を活用して半導体材料・ディス

プレイ材料・光学材料等へと業容を拡大してきた。足元では、ライフサイエンス事業を新しい柱として、バイオ医薬など最先端の医療ニーズをとらえたバイオプロセス材料や診断薬材料、創薬支援サービスなどを提供し、収益の拡大を進めている。※「FABRIAL」はJSRの登録商標です。

キョーラク株式会社

キョーラクはブロー成形(多層・単層・発泡)を技術の軸として、射出成形・真空成形など様々な成形を手掛けるプラスチック製品の総合企業。「フィラメント工房」という自社ブランドも展開しており、3Dプリンタ用の特殊樹脂フィラメントを幅広く開発・販売している。

ケアプロ株式会社

「革新的なヘルスケアサービスをプロデュースし、健康的な社会づくりに貢献する」ことを目指しているヘルスケア企業。予防医療事業部では、セルフ健康チェックから健康経営までと幅広く取り組む。在宅医療事業部では、24時間365日の訪問看護で地域の医療を支えている。

ときわ会グループ

ときわ会は「一山一家」の理念の下、福島県いわき 市を拠点に医療介護福祉、教育分野で展開するグ ループ法人。グループ中核を成す常磐病院では東 北最大の人工透析センターを有し、腎泌尿器科疾 患を中心に診療を行っている。



Fabrick Beehive の完成イメージ。一部を実装し、ミツバチを介してビルの入居者や屋上の利用者とのコミュニケーションが広がった

竹中工務店 | ArchiFAB. Fabrick Beehive. 壁掛けプリンタ

大型工作機械による都市空間のリノベーション

建築スケール3Dプリンタの必要性

CADの発展は複雑な構造を持つオブ ジェクトの設計を可能にしました。建築分 野においても美しい自由曲面を持つ建物 が増えていますが、これを従来の工法で設 計図通りに施工することには困難が伴い ます。複雑な設計データをそのまま物理的 な形に落とし込むためには、データと物質 を等価に変換できる3Dプリンタが有用だ と考えられます。主要なゼネコンである竹 中工務店はこうした可能性を見据えて、田 中浩也研究室と共同で建築スケールの3D プリンタ「ArchiFAB」の開発を2014年に スタートさせました。

当時、田中研究室ではヒューマンスケー

ルのオブジェクトを印刷するためのデル タ型3Dプリンタが開発され、義足の出力 などに利用されていました。デルタ型の プリンタは縦方向への拡張性が高いため、 ArchiFABはこれを拡大する形で設計され ています。開発の際、設計要件として求めら れたのは、建築スケールであることに加え、 分解と持ち運びが容易であることでした。 その理由は、建築業界の労働者の高齢化に 伴う人手不足を補うため、建築現場にプリ ンタを持ち込んで利用することを想定して いたためです。

こうして完成したArchiFABは、高さ約 2.3m、底面となる正三角形の一辺は1.65m、 出力可能サイズは直径1300mm × 高さ 510mmという、当時日本では2番目に大き な3Dプリンタとなりました。現場への持ち

運びという課題に対しても、成人3名がい れば解体と組み立てを数時間で行うこと ができ、個別のパーツは一般的なビルのエ レベーターで運搬可能なサイズに収まりま した。

暮らす場所を自分たちでつくる

ArchiFABは竹中工務店と田中研究室 に1台ずつ保有されており、それぞれの知 見を共有しながら個別の用途に用いられ ています。

田中研究室では、建築スケールのプリン トに適した軽く強度のある構造体が検討 され、自然界にも見られるジャイロイドが 用いられるようになりました。この構造を 用いて製作されたのが、都市ビルの屋上を 舞台に設計された「Fabrick Beehive」です。 ビルの屋上をミツバチと人が共存できる 場所にすることで、都市のエコロジーを回 復することを目指して設計されたこのパ ビリオンは、ArchiFABを用いて作成され た30cm立方程度のジャイロイドブロック を結合して構成されています。ビルの一室 で3Dプリントされた、人が持ち運び可能な ブロックを用いて、蜂と共生するためのパ ビリオンを作る。こんな取り組みも、建築ス ケールの3Dプリントが可能にする新しい 生活の在り方かもしれません。

また、ArchiFAB本体の改良も続けられています。開発当初は単純なフィラメントロード式であった出力部も、巨大な出力物の長時間プリントに対応するためのペレット式に変更されました。ペレットを利用が可能になったことで、3Dプリンタ用のフィラメントに限らず多様な素材を出力することができるようになりました。クレイの射出機と組み合わせれば土壁を3Dプリントすることもでき、居住空間に適した素材の在り方を検証するための装置としてもArchiFABは活躍しています。

エクステリアの設計を可能にする 壁掛け3Dプリンタ

ArchiFABの開発がいったん終了した後にも、共同研究の取り組みは続いています。次にデザインの対象になったのが、窓や壁面といったエクステリアやファサードでした。日本ではこれから空きビルの数が増えていくことが予想されていますが、そこはシェアオフィスや都市農園などの新たな用途で活用されることが想定されます。インテリアが用途に合わせて変化していくのに対し、外部のファサードの変化は乏しく、そこにはデザインの余地が大きく残されています。こうした場所に新しい装飾や魅力、機能を足すための模索が始まりました。

外装をデザインするひとつのアプローチ として開発されているのが、壁面に取り付 けることのできる「壁掛けプリンタ」です。 当初は3Dプリントのツールパスを制御す る技術の応用として、壁に直接絵画を描きつけるような用途を想定して作られていたものですが、垂直面に対して3Dプリントするというアプローチが共通していたため、壁掛けプリンタとして改めて開発をスタートすることとなりました。エクステリアのデザインという目的に合わせ、出力範囲を1m四方に拡大し、高さ方向の変化にも対応する機構を追加し、壁に対して3次元的な立体を出力することが可能になりました。2018年11月時点では萌芽的な研究に留まっていますが、採光や視線を調整する機能など、新しいエクステリアのデザインの開拓が見込まれています。

ArchiFAB、壁掛けプリンタといった工作機械の開発は、居住空間をマテリアルと機械の両面からいかに作り替えることができるかを検討する取り組みでもありまし

右:建築スケール 3D プリンタ 「ArchiFAB」

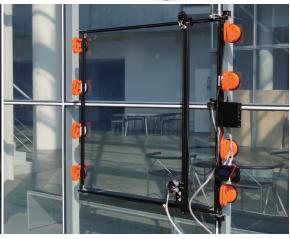
右下:開発中の壁掛けプリンタ 下:ArchiFABで出力された椅子。 曲率を変えて生産すれば、ベン チやドームとして拡張が可能 た。ツールやマテリアルの習熟度が上がってきた現在、光や水や音といった環境と呼応する、新しい建築エレメントの開発も進められています。建物や家具、窓枠やガラス……。居住空間を形作るさまざまなものも、個人やコミュニティで作り・修理し・使い続けていくような暮らし方が戻ってくるのかもしれません。

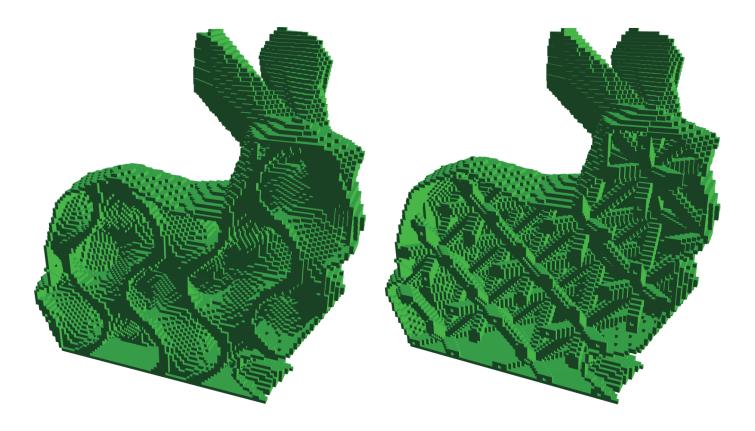
株式会社 竹中工務店

竹中工務店は国内外で地域のランドマークやシンボルとなる建築物を多く手掛ける総合建設会社。「まちづくりのすべてのステージで貢献する」ことを目標として掲げ、建築事業においては、AIやロボットなどの先端技術も取り入れて新たなソリューションをもたらす「まちづくり総合エンジニアリング企業」を目指している。









富士ゼロックス | FAV (Fabricatable voxel)

3D表現を拡張するボクセルフォーマット

時代が求める3Dデータフォーマット

田中浩也研究室と富士ゼロックスが 初めて交流を持ったのは、印刷技術をテー マにした2014年の国際学会「NIP and Digital Fabrication Conference」の場で した。富士ゼロックスはかつて「ゼロックス する」という言葉が「書類をコピーする」と いう意味で使われていたほど、オフィス用 の印刷複合機で有名な企業。印刷の対象が 2次元から3次元に拡張する時代を見越し て参加した学会の場で、3Dプリントを専 門とする田中研究室と出会い、共通の関 心は3Dデータを記述するためのファイル フォーマットに向けられました。

3Dデータのフォーマットとして広く流 通しているSTL (Stereolithography、ある い はStandard Triangulated Languageの 頭文字)は、今から数十年前に作られたも のです。三角形や四角形の面の集合によっ て表面の形状だけを記述するSTLは、今日 の3Dプリント技術の発展にもはや対応で きなくなっています。内部構造や色彩の情 報を記述できる新しいフォーマットとし 7, AMF (Additive Manufacturing File Format)の開発も取り組まれていますが、 既存ソフトウェアとの対応を重視し、いく つかの機能はFuture Planとして先送りに されていました。データの暗号化や著作権 処理などと並ぶ課題として残されていた のが、3Dモデルを細かなキューブの集合 として記述する、ボクセルフォーマットへ の展望でした。

そこで、あくまでSTLの延長にある AMFとは別のアプローチとして、ボクセ ルをベースとした新しいファイルフォー マットの開発がスタートしました。その 成果は3Dモデルの表面形状・内部構 造・色・材料・接合強度情報を全て保 持した世界初の3Dデータフォーマット 「FAV (Fabricatable voxel)」として結実

し、2016年7月13日に仕様が公開されて います。

ボクセル形式の3Dフォーマット「FAV」

FAV以外にもボクセルフォーマットは 存在しますが、その多くは単一のソフト ウェア上でしか利用することができないも のでした。メーカーやソフトウェアを跨い で共通で扱えるボクセルフォーマットが無 かったことも、FAVの開発を推し進める 要因のひとつになっています。

FAVを他のボクセルフォーマットと区 別する大きな特徴は、ボクセル同士の接 続関係を記述できるリンク情報にあり ます。隣接するボクセル同士の結合情報 を定義できるフォーマットは他に例がな く、出力に先んじた物理シミュレーション などで大いに役立てることができます。ま た、2018年10月11日にリリースされた FAV1.1では、任意のボクセルの集合を1

左: 田中研究室で開発した内部 構造ジェネレータで作成したボ クセルモデル

右上下: fab3d.cc では収集した STL をボクセル形式に変換し、そのままボクセル単位での編集と FAV ファイルのダウンロードが行える

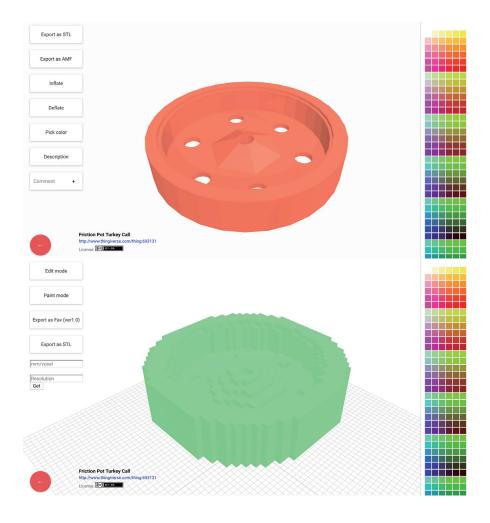
ボクセルとして使用できる「階層ボクセル 定義」や、物質が干渉できない空隙などを 定義できるボクセル、さらにユーザー指定 の特性分布を定義できる「user_defined_ map」などの機能が追加されました。これ により、FAVの適用範囲はよりスケーラブ ルになり、高度なシミュレーションにも適 用できるようになりました。

一般にメッシュよりも多くの情報を含むボクセルフォーマットはファイルサイズが大きくなりやすいとされますが、富士ゼロックスのデータ圧縮技術が持ち込まれることで、その課題もカバーされています。仕様の公開やアップデートへの取り組みが続く中、2019年2月には日本国内標準であるJIS規格に認定される予定であり、今後さらに普及することが予想されます。

FAVを扱うためのソフトウェア

田中研究室ではFAV形式のファイルと 連動したシステムや、扱いやすくするよう なソフトウェアの開発に取り組んでいます。 たとえば、60万種以上の3Dデータを保有 する検索エンジン「fab3d.cc」では、STLと FAVの変換・編集・書き出しをブラウザ 上で行うことが可能です。

ボクセルデータは内部構造を細かく定義できる反面、モデリングの際にはひとつずつボクセルを配置していくような手間がかかってしまいます。これを解消するための手段として、任意の3Dデータの内部構造をボクセルのパターンで構成するプログラムが開発されました。また、AI (人工知能)やディープラーニングの技術を応用することで、計算量が増加した際にも対処で



きるような取り組みを進めています。さらに、汎用的に利用できるFAV形式ファイルのロード/セーブライブラリの実装によって、3DCAD以外のゲームやVR・ARといったプラットフォームとのデータ共有を目指しています。3Dデータの重要性が高まる時代において、医療用のCTデータからゲームまで、色々なジャンルを跨ぐことでFAVの価値はより向上していくでしょう。

3Dを越えた新しい魅力へ

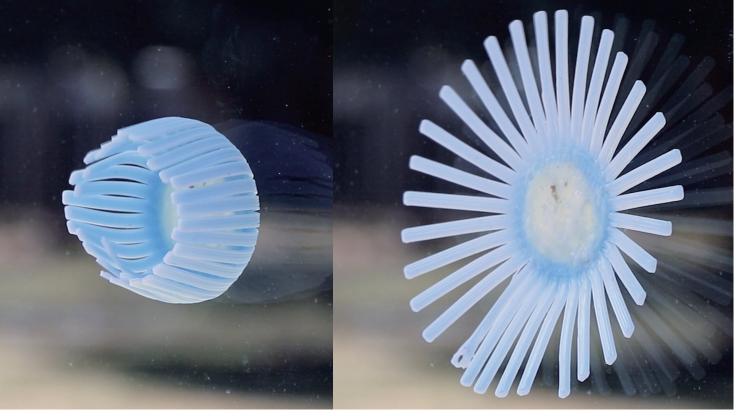
2018年10月11日、日本画像学会とファブ地球社会コンソーシアムの共催で「Conference on 4D and Functional Printing 2018」が開催されました。4Dプリンティングは一般的に既存の3Dプリントに時間軸の変化を加えたものとされますが、この会議では、3Dプリンティングの限界を超えていくための、空間次元ではない4番目の価値軸全てを対象としています。

材料の複合化や内部構造の構成、色彩による表現など多くの研究と実践が紹介され、なかにはFAVを取り入れたことで実現できた事例も登場していました。

FAVが一般公開されてから、こうした技術に関心を持つ新しいパートナーとのつながりが広がっています。FAVという新しいデータフォーマットは、既存の3Dデータの縛りを越え、より豊かなデータと新しいものづくりの可能性を開拓し続けています。

富士ゼロックス株式会社

富士ゼロックスは複合機・プリンターなどのオフィス機器や、クラウド連携ソフトウェアなどのサービスを開発・提供する企業。印刷ワークフローで培ってきた知見を応用し、「価値あるコミュニケーションの実現を支援する技術」として画像認識やCHI、3Dデータハンドリングなどの技術開発を進めている。



気温の上昇によって 3D プリントした花が開いていく

ユニチカ | 4D Printed Nature

機能性フィラメントが実現する「動き」の表現

4Dプリンティングを実現する 機能性フィラメント

壁にはりつけられた青い花。つぼみの ように口を閉ざした状態から、太陽に照ら されると花開き、雨が降ると壁から離れて 落ちていく……。「4D Printed Nature」は、 3Dプリント製の花に温度や湿度に応じた 動きを持たせることで、四季の移り変わり を表現した作品です。時間や環境の変化に 合わせ、3Dプリントしたオブジェクトの 形や性質を変化させる取り組みは4Dプリ ンティングと呼ばれ、田中浩也研究室でも この作品を筆頭に新しい表現手法として の探索が行われています。

一般的に、熱溶解積層方式の3Dプリン タに用いられるひも状の樹脂(フィラメン ト)はPLAやABSといった素材で作られ ることが多く、それらはあくまで静的なオ ブジェクトを作ることを前提にしています。 出力後の形状を動的に変化させる4Dプリ ンティングを実現するためには、造形物の 構造を工夫するか、フィラメント自体に機

能を持たせるか、あるいはその両方の取り 組みが必要となります。

4D Printed Natureでは、市販の水溶性 フィラメントを壁との接着に用いたことで、 雨で花が流されるようなイメージを表現 することができました。そして、作品の重 要な要素である花が開く表現を可能にし たのが、ユニチカが手掛ける機能性フィラ メントでした。「感温性フィラメント」は出 力時の形状を記憶するため、形状を変化さ せた後に一定の温度を加えると元の形状 に戻っていきます。感温性フィラメントを 花開いた状態で出力することで、つぼみの 状態に変形させた後、外気温の上昇に応じ て元の形状に戻る=花が開くという動き を持たせることができたのです。

デザイナーとエンジニアの 長所を活かしあう

マテリアルの専門家である材料メー カーは、機能性フィラメントを作ることが できますが、単独でその応用先まで見つけ ることは容易でありません。他方、学生が

ものづくりによる新しい表現のビジョンを 描いたとしても、それを実現する素材を作 ることはできません。お互いに足りない要 素を補い合うようにして、素材と表現が一 体となった新しい作品が現実のものとな りました。

作品の製作を通じて、様々な温域で反 応する感温性フィラメントや、色が変化 するフィラメントなど、新しい素材への要 望も生まれ続けています。素材の開発と表 現の開拓を通じた、デザイナーとエンジニ アの魅力的なコラボレーションとも呼べる 取り組みは、お互いの想像力を刺激しなが ら続いていきます。

ユニチカ株式会社

ユニチカは繊維関連技術、高分子関連技術、無 機材料関連技術の3領域をベースとして素材の 開発・生産を行う企業。熱伝導性樹脂やポリアミ ド中空糸膜フィルターなど、製品づくりのための 新しい素材を独自に研究している。



左:本プロジェクトで扱う自動運転車の素体 右上下:支持材を必要としない内部構造と膨張する外装の試作

大前学研究室 | 自動運転車の外装デザイン

社会に溶け込むモビリティのデザイン

自動運転と社会の接点をデザインする

SFCの大前学研究室は、自動運転車の研究に取り組んでいます。新川崎タウンキャンパスの研究スペースでは実車を用いた実験も日常的に行い、隊列走行や遠隔操縦の制御なども含め、ソフトウェア・ハードウェアの両面から研究が進められています。田中浩也研究室はエンジニアリングとデザインを仲立ちする役割として、自動運転車の社会実装に関わるべく、大前研究室に協力を依頼する形でコラボレーションが始まりました。

この共同研究において田中研究室は、人に親しみを持たれる自動運転車の外装を作ることに挑戦しています。その理由のひとつは、大前研究室が以前に実施した研究プロジェクトで、有人の車と自動運転の無人の車が接近してくる時に、無人の車のほう怖いと感じる人多いことを確認した

からです。技術としては安全であったとしても、社会の中で広がっていくためには、それを利用する人々、それを取り巻く人々の理解が欠かせません。ユーザーとの良好なインタラクションを実現するための外装は、Fab技術でどのように実現することができるのでしょうか。

形状の変化で印象を変える

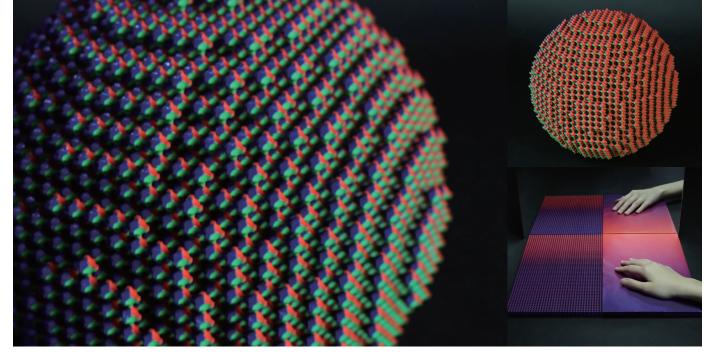
現在はひとつのプランとして、コアとなる骨格とそれを覆う伸縮するドームを分離することで、自動運転時と人が運転している時の違いを一目で分かるようにしようとしています。人が運転する際には縮んだ状態のドームが、自動運転に切り替わると膨らんでいくことで、人とぶつかっても怪我をすることがなく、外界からの衝撃も検知しやすくなります。丸っこいデザインは見た目の親しみやすさにも繋がっていくでしょう。大型の3Dプリンタを用いて内部

構造を作ることも想定し、支持材を必要と しない3Dモデルの生成手法についての研 究が進められています。

モビリティ業界全体が自動運転にシフトしていくなか、単なる機能の向上だけでなく、安全性や社会との接点をていねいに見つめなおすことの重要性も忘れてはいけません。産業とは異なる位置にいる大学として、誰も死なず・怪我をせず・親しみを持てる自動運転車の在り方の提示を目指しています。

大前学研究室

大前学研究室は自動運転車の研究を行う慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの研究室。「いつでも」「だれでも」「どこへでも」行ける社会の実現を目指し、制御手法、運用手法の提案、制御ソフトウェアの作成、実験車の構築、実車を使った実証・評価などを進めている。新川崎タウンキャンパスにも研究スペースを持ち、実車を使った研究や実験を行う場所として活用している。



左&右上:見る向きによって色が変わる球体 右下:鏡合わせでも色が反転しない立体

ミマキエンジニアリング | ColorFab

Fabによる新しい色彩表現の開拓

3Dプリンタを用いた「色」の表現

立体物は「かたち」と「色」によって構 成されています。3Dプリンタを用いた造 形において、モデリング手法を中心とした 「かたち」の研究が進められていますが、マテ リアルの「色」に着目した表現が探索される ことは多くありませんでした。ここに着目 した田中浩也研究室の学生チームは、抹茶 などを練り込んだ和色のフィラメントの 製作や、染め・織りの技法を模した表現の 開拓に取り組みます。

なかでも、内部構造に細かな配色をする ことによって、眺める角度によって見える 色が変わる立体物を完成させると、その 新しい表現はSNSでも大きな話題を呼び ました。ただし、試作に用いた粉末積層型 の3Dプリンタによる造形は、どうしても素 材である石膏の白色が残ってしまったり、 軽い衝撃で簡単に壊れてしまったりと、表 現力・耐久力の両面で課題を抱えるもの でした。

マシンの性能と造形スキルの合致

タイミングを同じくして、ミマキエンジ ニアリング社製のUV硬化インクジェット 方式の3Dプリンタ「3DUJ-553」が実用 化されていました。石膏などの粉末に着 色するのではなく、カラーインク自体を固 めていく方式のため、発色の良さは段違い。 1000万色以上のフルカラー造形が可能で、 耐候性や強度があるという特徴を持って いました。

ただし、これらの特徴を最大限に生かす ためには、相応のクオリティを持つ3Dデー タが必要になります。ただ色彩感覚に優れ ていたとしても、それを3Dデータに落とし 込むという技術的ハードルを越えなけれ ばならず、そうしたスキルを持つユーザー との出会いが望まれていました。そんな折、 表現力と強度を両立させるプリンタを求 めていた学生チームとの交流が生まれ、デ ジタルファブリケーションの基礎体力を 持つユーザーとして関わることで双方の 利益が合致し、実験的に機材を利用させて もらうことになります。

コラボレーションによって生まれた作

品のうち、代表的な2つを紹介しましょ う。粉末石膏での試作を発展させた球体は、 連続的に回転させると滑らかに色が変遷 するディスプレイのようにも感じられます。 色を巧みに配置することで鏡合わせにし ても向きが変わらなくなった直方体は、色 彩による新しい錯視表現と言えるでしょう。 これらの作品は2018年10月11日に開催さ れた「Conference on 4D and Functional Printing 2018」の展示で多くの来場者を 驚かせ、3Dプリントによる色彩表現の可 能性を大いに感じさせるものとなりました。

今後は色付けしやすい3Dモデラーの開 発などを通じ、色彩表現の環境を支援する ような取り組みも計画されています。魅力 的な作品制作を軸にして、「かたち」と「色」 が複雑に溶け合う、まったく新しい表現の 開拓が続いていきます。

株式会社ミマキエンジニアリング

ミマキエンジニアリングは業務用インクジェット プリンタ・カッティングプロッタの開発・製造・販売・ 保守サービスを一貫して行う開発型企業。「新し さと違いを提供すること」をビジョンとして掲げ、 プリンタ本体だけでなくインクやソフトウェアの 自社開発も行っている。

おわりに

本冊子は2018年11月時点で、田中浩也研究室が外部企業や団体・他研究室とのコラボレーションとして取り組んでいるプロジェクトを紹介するために作成されました。ここでとりあげた6つの事例以外にも、分野や規模が異なる多くのプロジェクトが進行しています。

犬のための義足を獣医や義肢装具士と連携して作ったり、医療的ケアを必要とする子供のための楽器を作ったり。3Dプリントならではの表現をファッションの領域に応用することもあれば、人の感性とつながる触感の研究に結び付くこともあります。他にもソフトロボットや食、農業など、

社会の抱える課題や新しい技術と結びつきながら活動の範囲は広がっていきます。

田中研究室はFabというコア技術をエンジニアリングで深めながら、それらを用いて具体的で魅力的な応用例を社会実装していく、技術と社会が両輪となって進む組織です。言い換えれば、Fabの価値が真に発揮されるためには、外部とのコラボレーションを欠かすことはできません。本冊子を通じて、そんな研究室の取り組みに関心を持っていただければ幸いです。最後になりましたが、日頃より弊研究室との共同プロジェクトに携わる全ての皆様に、心より御礼申し上げます。

共同研究のお申込み

2019年度からの共同研究をご希望される場合、 2018年12月31日までに 下記の連絡先までご連絡ください。 内容を確認の上、後日こちらから折り返しご連絡差し上げます。

tanakalab-sfc@googlegroups.com

SFC拠点: 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤5322 慶應義塾大学 SFC z104 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 田中浩也研究室

横浜拠点:〒231-0023 神奈川県横浜市中区山下町223-1 NU関内ビル2F 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 横浜拠点

KEIO UNIVERSITY HIROYA TANAKA LAB EXHIBITION

@IID IKEJIRI INSTITUTE OF DESIGN

2019.03/02-03

田中浩也研究室総集展〈予告〉

田中研究室がデジタルファブリケー ション(Fab)をテーマに掲げてから8年。

「デジタルとフィジカルを横断し、(ほ ぼ)あらゆるものを作る」というビジョンは、 個人の欲望や社会の課題と呼応しながら、 さまざまなかたちで実現されてきました。

データ・もの・ことを行き来しながら 変化を続けるFabの営みは、さながら生命 の多様な進化のようにも感じられます。

技術としてのFabが社会に溶け込んだ 今、研究室で引き継がれたFabの遺伝子= 「FabGene」を見つめ、紐解き、次に進めるた めの展覧会を開催することにしました。

進化の最先端で脈動する4Dプリンティ ング。遺伝子に刻まれ、今を規定するパーソ ナル/ソーシャルファブリケーション。

田中研究室のこれからとこれまでを集 めた、またとない機会を是非ご覧ください。

スケジュール

2019/03/02(土) 10:00-19:00 2019/03/03(日) 10:00-17:00

会場

世田谷ものづくり学校 https://setagaya-school.net/ IID Gallery, IID Studio

田中浩也研究室 Project Book 2018 年 11 月 22 日発行

