

Title	「フィジタル」な想像力へ
Sub Title	From "digital" to "phigital"
Author	田中, 浩也(Tanaka, Hiroya)
Publisher	慶應義塾大学アート・センター
Publication year	2014
Jtitle	Booklet Vol.22, (2014.) ,p.146- 161
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	Cosmos 4 図版削除
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA11893297-00000022-0146

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

「フィジカル」な想像力へ

田中 浩也

1. 万能製作機械の夢

有限な宇宙船のなかでの生活を描いたアメリカのSFテレビドラマ「スタートレック」に、「レプリケーター」という機械が登場する。この機械には「分子」が材料として貯蔵されており、人が前に立って「ホット、アールグレイ」と音声で指示をすれば、好みの飲み物がコップとともに瞬時につくられる。コーヒーパーベンダーと違うのは、「飲み物」だけでなく、「コップ」さえも、分子を合成してその場でつくられることである。レプリケーターは、分子から素材を合成し形態化することで、飲料・食品から文具・玩具・工業製品まで、「(ほぼ) あらゆるものをつくる」ための万能製作機械なのである。アールグレイを飲み干したあと、コップを再びレプリケーターに戻しておけば、再び分子にまで分解されて、次の製造物の材料として使われる。つくる、だけではなくリサイクル—「(ほぼ) あらゆるものをもどす」ことができる機能も組み込まれていることがポイントだ。材料と製品は双方向に、どちらからどちらへも変換できるようになっている。すなわち、分子を単位として、組み立てることも、分解することも可能な、閉じた循環系が構成される。

レプリケーターが別々の場所にそれぞれ1台ずつあれば、当然ながら物質の「遠隔転送」もできる。一方の場所で物体をスキャンし、そのデジタルデータを送れば、別の場所でそれを分子で組み立てて実体化する。比喩的に言えば、これは3次元の「もの」のFAXである。もちろんその過程で、ものを「拡大」したり「縮小」したり、ミニチュアをつくったり、複製したり、オリジナルの一品をつくったりなど、「もの」へのあらゆるデジタル的操作を施すことができる(筆者ならここで「ドラえもん」の「スモールライト」や「フエルミラー」も合わせて思い出しそうですが、どうだろうか? 情報技術登場前のこの時代は、物質に対する操作可能性のイマジネーションが膨らんだ時代でもあった)。

「スタートレック」は娯楽番組であるが、「宇宙船のなかで人がいかに生きる

か」を科学技術的に探求した内容でもある。宇宙に出かけたとき、一体どんなものが必要になるのか、飛び立つ前の地球にいるあいだは予想することができない。宇宙に飛び立ってから「忘れ物」に気がついて、もちろん取り返しがつくわけがない。予想不可能な状況に対する最大の準備として、必要な時に、必要な量の、必要なものを、必要な人がつくるための万能製作機械が搭載されたのである。また、宇宙船のなかで「もの」をどんどん増やし、つくり続ければ、いずれ住むための容積が無くなってしまうことは自明である。だからこそ、常に「材料」にまで戻せること、すなわち循環系が実現された未来として描かれているのである。

しかし、こうした閉じた循環系をつくることの、ある種の代償として、レプリケーターでつくられるものは、「人が技巧を凝らして丁寧に製作したもの」に比べて若干品質が劣る、という設定がなされている。これはたとえば音楽でいうCDとmp3の音質の差のようなものと解釈できるのだが（mp3には「こぼれ情報」が発生して、音質が若干下がる）、同じように実物との間にはわずかながら違いが生まれている。これは、あらゆる「デジタル圧縮」の宿命でもある。だから、レプリケーターによって作成された食事は、本当に味にこだわる美食家たちからは不評であるとされ、また職人技によってつくられた精巧な工芸品は「レプリケーターでは実現できないもの」として珍重され、展示室に飾られている、という設定になっている。

しかしこのように、「日用品」と「芸術品」のあいだに、明確な一線を引いて棲み分け、前者はすぐにリサイクルできること（親環境的）に、後者は大切に飾って鑑賞すること（美的追求）に重きを置く、というように、「もの」のカテゴリを、大胆な勇気を持って「2つに分ける」というのは示唆的な考え方なのかもしれない。この番組が「宇宙船」という設定になっているのは、おもに子供向けに「いま、ここから遠い場所」へ想像力を飛躍させるためという理由があるだろうが、大人であれば、この「宇宙船」は「有限な環境」を象徴的に描くための手段にすぎないものであって、地球上の日常生活環境 — すなわち「いま、ここ」を反省的に表していることにすぐに気がつくはずである。ものをどんどんつくり続け、破棄していけば、いずれ有限の「宇宙船地球号」の容積は無くなってしまう。私たちの日常生活では、紙コップやペットボトルなど、すぐに捨てるものさえもきわめて「精巧」につくられているが、逆に機械を用いて完全自動的にリサイクル、リユースができるようには未だになっていない。つまり、ある種の「代償」を受け入れることができないまま、もののカテゴリを明確に2つにわけることができないまま、あらゆる「もの」を（線引きなく）高い水準に欲望し、それに応えるべく作り手は丁寧に渾身の力を込めてつくり、使い手はほとんどのものを大量に消費し、そして粗暴に捨て続けている状態、かもしれないのである。だから芸術的な美的探求と、環境のなかでものを軽やかに循環させることとは、そう簡単には両立しない。



図1 PLA（生分解性プラスチック）でつくられた「靴」。そのまま庭に埋めておけば溶けていく。

2. 3D プリンタの実現

さて、「スタートレック」を見て育った世界中の若者たちが、現在伸び盛りのエンジニアの年齢となり、かつてのレプリケーターの記憶とともに、2010年ごろから無数の「3D プリンタ」をつくりはじめている。3D プリンタとは、コンピュータ上の3D データから立体をつくるための技術で、昨年はメディアでも数多く取り上げられたのでご存知の方も多いのではないと思う。家庭用のものはおよそ電子レンジくらいのもので、まさに「電子レンジ」のごとく、スイッチひとつで3次元立体が出てくる機械として報道されている（現状は流石にそこまで理想どおりにはいかない）。ただ、値段もインクジェットプリンタ、レーザープリンタとあまり変わらなくなってきており、家庭への普及も夢ではないと期待される。

現在のところ、まだ「材料にまで戻す」リサイクルの機能はついておらず、「レプリケーター」で描かれた世界には届いていない。しかし樹脂を固めてかたちをつくったり、チョコレートを固めてお菓子をつくったりという基本的な造形は一通りでき、工作機械と調理機械の、どちらにでもなれるような未来の家電のプロトタイプ（原形）として開発されている。期待値に実態が追い付かないのは、まだ萌芽段階の技術だからだろう。

材料にまで戻すことが（いまのところ）実現されていないとはいえ、3D プリンタにはすでにひとつ「親環境的」な仕組みが組み込まれている。3D プリンタでは材料として植物由来のPLA（生分解性プラスチック）が利用できるのだが、これは、肥沃な土に生息する微生物が分解し、自然界に戻してくれる天然素材である。だから、3D プリンタでつくられた「もの」——たとえば、玩具や靴、食器、文具などの日用品——は、それが使われたあと、畑に埋めてしばらく待っていれば「溶けて」自然に還っていくのである。北海道で生まれ育った私などはこの現象そのものに、不思議な感慨を覚える。雪でつくったかまくらが溶けていく様子、氷でつくったグラスが溶けていく様子、土でできた器が朽ちていくさま。地球の中を循環する分子が、あるときは「もの」となって私の手元にあり、またあるときは地球に溶けて消え去っていくというその循環感覚。もの、というものを、ソリッドでエターナルなものというより、エフェメラルでテンポラルなものとして捉える感覚が宿っているのである。いま私の手元にある最新の3D プリンタが、一見対極とも思われる原初的（プリミティブ）な感覚

と響きあう。

こうした「親環境的」なもののづくり技術はまだ端緒についたばかりで、先に広大な可能性が眠っている。先日、私の研究室に、化学を専攻する学生が訪ねてきて、自宅ででんぷんからPLA（生分解性プラスチック）をつくる装置を開発できないかと言っていた。試してみる価値のある研究なのだが、もしこの装置が実現できれば、でんぷんを多く含んだトウモロコシ、さつまいも、ジャガイモ、サトウキビなどを栽培できる畑があれば、そこから材料をつくることができるようになる。そして3Dプリンタで自由に成型して日用品をつくり、使い終わったら畑に埋めて地球に返すという循環系の生活が本格的に視野に入ってくることになるだろう。得体のしれないブラックボックスのような工業プロセスに依存するのではなく、目の前で直に見ることのできる、そしてまた、自ら手を下して触れることのできる、まるで「料理のような行為」へと、もののづくりのかたちが転換していくのである。かくして工業は農業化される。3Dプリンタ技術は「破棄」の社会から「循環」の社会への一助となっていくのではないだろうか。

3. ものをつくるもの

今でこそ多くのメディアで報道されるようになった3Dプリンタであるが、わたしが初めて「Fab@Home」という名の（まさにその名の表す通り）「家庭用」3Dプリンタを購入し自宅に設置したのは今から6年も前のことだった。その取扱説明書に、次のような趣旨のメッセージが書かれていたことが今でも鮮やかに思い出される。

「この3Dプリンタのスイッチを入れて、最初に出力して欲しいものは、この3Dプリンタ自身の各部品です。なぜなら、使っているあいだに、壊れてしまう可能性が高いからです。最初に、この3Dプリンタで、この機械そのもののスペアパーツをつくっておけば、壊れても交換して修理することができるでしょう。ぜひ用意をしておいてください」。

これをはじめて読んだとき私は、この機械の脆弱さに不満を持つどころか、むしろ全く逆に「自己修復（その機械そのもので機械を直す）」というコンセプトが内蔵された物体が、自分の目の前に存在するということに大変なインパクトを受けたのだった（もちろん完全に自動的に修理されるのではなく人間が作業しなければならない部分はあるに違いないけれども）。そしてちょうどその頃から、世界同時多発的に、「3Dプリンタで3Dプリンタをつくる」というさらに発展的なプロジェクトも開始された。

3Dプリンタのすべてのパーツを3Dプリンタそれ自体で出力し、組み立てれば、まったく同じ機械をもう1台つくること、すなわち複製ができる。実際に



図2 「3Dプリンタで3Dプリンタをつくる」RepRapプロジェクト実験の結果

は金属パーツや電子部品などが必要なため、完全複製はできないのだが、むしろそれが良いほうに転じれば、「少しだけ違う部品をつかった、少しだけ違う」3Dプリンタの亜種が新しく生まれ続けることになる。良い意味で「全く同じものがつくられにくい」という状況が現れてくるのだ。より正確に述べれば、ここには三重の影響が混入する。第一に、物理世界で製作されるために製造環境の制約を受けやすく（ある材料が調達できるかできないか）、第二に、ノイズやエラーも混入しやすく（人が失敗して修正したり間違えたりなど）、第三に、創造的な人間の手を介するがゆえにオリジナリティが書き加えられる確率もまた高まっていくということである。つまりコンピュータ上でのデジタルコピー＝「複製」と違って、フィジカルなものの場合、大半は「もとの設計図を継承」するけれども、「少し改良」した派生形の3Dプリンタの試作品が無数につくられていくことになる。これが、デジタルな性質をベースに、物理世界の揺らぎが混ざり合った「派生」の新しいメカニズムである。

もともと「3Dプリンタで3Dプリンタをつくる」プロジェクトは、「生物」のメカニズムを人工物に取り入れた全く新しいタイプの「生産システム」を生み出そうという、イギリス・パス大学の研究プロジェクトからはじまった。増殖の仕組みが、工場のラインなどでの「大量生産」とは違い、むしろ植物の種に近いのである。ひとつの種が育つと、実がなり、そこからまた他の種が生まれ、繰り返しながら、種は指数級数的に増えていく。そうした生物の連鎖のようなプロセスに、人間の手が介入しはじめ、系と渾然一体となっていけば、その営みはまるで「品種改良」のような営みになっていく。これを「農業的」あるいは「園芸的」と表現しても、飛躍があるとはいえど、そう大きくはずれでもないであろう。

この、世界中で3Dプリンタを品種改良するプロジェクトは「RepRap」と呼ばれている。私も現在、この品種改良の輪に加わり、自作の3Dプリンタをつく



図3 RepRapプロジェクト品種改良の系統樹

る身となった。連鎖し、派生し、進化するものと、ともに歩む生活。自分もそこに参加し、修理と、改良に勤しむ生活。コンピュータの画面の上で、プログラミングされた「人工生命」を目にしながら議論されていた自己言及や再帰性の概念はいまや、こうして、「もの」として自己複製し、自己修復し、進化する機械、つまり「機械をつくる機械」となって実体化し、さらに家庭で気軽に体験できる「装置（3Dプリンタ）」にまでなっているのである。

4. 生物と人工物

3Dプリンタで立体を出力するには、コンピュータで3Dデータをつくる必要がある。データは「デジタル」であり、それが「フィジカル」な材料に転写される。3Dプリンタとはすなわち、「デジタルな情報」を「フィジカルな物質」に翻訳する装置だと言ってもよい。そうした装置が、なぜか親環境的な性質を併せ持っていることの驚きから私は離れることができない。工業が農業のようになっていき、人工物が生物のようになっていこうとするのは何故なのか。それを駆動している根本原理は何か。それを考えるために、まず視点を逆にして、次のことを確認してみたい。わたしたち人間（生物）のからだこそが、実はある種の「3Dプリンタ」なのである、と。

わたしたちのからだは細胞を生産する3Dプリンタである。具体的には次のような仕組みが備わっている。遺伝子情報、つまりDNAの塩基配列は、4種類の記号からなる2ビットの「デジタルデータ」に他ならない。そのデジタルデータは、RNAに転写されたのちに、「リボゾーム」と呼ばれる細胞内の小器官で、20種類のアミノ酸に対応付けられ、変換される。このリボゾームがいわゆる工作機械である。アミノ酸が組み合わせられ、折りたたまれて、最終的に「タンパク質」が製造される。こうして、DNAという「情報」からタンパク質という「物質」へ変換される。そして無数のタンパク質が細胞をかたちづくり、60兆個の細胞がからだを構成するのである。わたしたち自身のからだは、デジタルデータがフィジカルに転写されてつくられたものである。ここでひとつ重要なのは、リボゾームそのものもタンパク質でできていることである。まるで3Dプリンタで3Dプリンタをつくるように、ここにも自己複製のメカニズムが見られるのである。

わたしたち自身の、からだの中にある生命の仕組みに基づき、それを取り出したような技術。それゆえだろうか、3Dプリンタ技術には、ここ20年ほどの各種IT技術と異なり、「存在論的な」感覚を喚起させるところがある。IT技術—それはたとえば「情報が透けて見える眼鏡」でも「タッチパネルの腕時計」でもよいのだが—は、基本的に、わたしたちの「知る」ことに訴える技術という意味で、「認識論」的技術であるといえる。それは人間の脳に働きかけ、生理に訴えかける。たとえばバーチャルリアリティ等は、「実際のものとは異なるが、認知的には等価な」世界を作り出す。しかし、こうした系統の技術は、

「知る」ことを強化するが、「在る」ことを自省させる回路がないのである。近年登場した3Dプリンタはむしろ逆で、わたしたち自身の生理ではなく、からだのつくられかたを、外側に取り出したものである。つまりこれは「私たち自身のモデル」なのである。わたし自身が、いまここにこのようにして「ある」ことを、同じ仕組みで「もの」がつくられていく様子を直に目撃してはじめて、鏡に向き合うような気持ちで、深く反省的に考えることができる。

もちろん、3Dプリンタは人体と全く同じわけではない。最も異なる点をあげるとすれば、それは人体のように「タンパク質」を製造するのではなく、地球上にあるさまざまな素材 — 鉄や、樹脂や、木や紙といった — を材料として使えるように拡張していることである。したがって、わたしたちは、わたしたちの体の中にはないが、体の外の世界には存在する、鉄や樹脂、木や紙などを集めて、3Dプリンタの素材とし、人工物を加工することができる。自然のものへ働きかけて人工のものへと変換していくことができる。3Dプリンタという機械が、私たちを外の世界へと開き、導いてゆく。

5. 時間を越える記録技術、空間を越える通信技術

これまで、ITに代表される技術は、アトムからビットへ、つまり物質から情報へと置き換えることのみに突き進んできた。たとえば「音」に議論を限れば、蓄音器、ラジオ、レコード、カセットテープ、CD、MDと続き、いまや完全デジタルのmp3ファイルこそが音を運ぶ媒体となった。スマートフォンから楽曲を直接デジタルデータとしてダウンロードできるから、音を運ぶための物理的な媒体 — レコードやカセットやCDのような — はもはや不要である。物質は消去され、情報だけが流通するようになった。これはひとつの到達点といえる。

しかし3Dプリンティングの技術は、再び逆の流れを「自分で」つくることを可能とする。情報を記録し、運ぶための「物質」を自らデザインできるようになったのである。このことを、具体例を紹介しながら説明したい。昨年、わたしの研究室では学生たちが、波形の不思議なアクセサリー「Wave Form Media」を製作した。このアクセサリーは、わたしたちの「声」を録音し、その音声波形をパソコンの画面上に表示した波形グラフを、そのまま物質化してつくられている。そして、このアクセサリーを再びカメラで写真に撮って、波形のグラフ画像に戻せば、もともとの「声」を再生し、音として聞くこともできるのである。つまり、書き込むことも、読み込むこともできる、機能的にはCD-RWと同等である。

従来の音声記録メディアと違うのは、これが、アクセサリーやピアスといった、身に纏うアイテムとしての形態をとっていることにある。レコードも、カセットテープも、CDも、MDも、それ自体を「纏う」ということはこれまでに



図4 Wave Form Media

かった。単なる音声記録媒体、という単独の役割しか与えられていなかったの
である。しかしこのように、音声記録媒体でありながら身に纏うアクセサリ
でもあるというように、複数の機能を融合させ、そのことでカテゴリを横断し、
まだカテゴリの存在しない人工物をつくることができるようになっていく。

大切な家族の生前の声。恋人の応援のメッセージ。何年か前の自分が未来の
自分に向けて送った記念のメッセージ。そうしたものを、このアクセサリ
のかたちに封印して日々身に纏い、そして時に再生して聞くことができる。この
作品は、「未来の記憶装置」をテーマとしたアルス・エレクトロニカ2013（世界
的なメディアアートのコンペティション）での招待展示のひとつに選ばれ、オー
ストリアのリンツでデモンストレーションされ、好評価を受けた。

「記録装置」を「時間を越える」ための技術だと捉えれば、それとセットにな
るのが、「空間を越える」ための「通信技術」である。これを論じるためには、
その前に、3Dプリンタに加えてもうひとつ新たな装置を紹介しておかなければ
ならない。それは、3Dプリンタと対になる「3Dスキャナ」である。3Dプリン
タが情報を物質に変換するものとすれば、3Dスキャナは物質を情報に変換す
る装置である。つまり、すでにある既存の物体のかたちを、コンピュータ上に
デジタルデータ化することができる。この、3Dプリンタと3Dスキャナのセッ
トが別々の2か所にあれば、冒頭の「レプリケーター」のように、「ものの
FAX」、つまり遠隔転送が今すでに実現できるのである。

その具体的な事例としては、いまから遡ること3年、2011年の東日本大震災
の直後、スイスの友人たちから私のもとに、ある3次元データがメールで送ら
れてきたことがある。それは水の汚れを観測するための小型の顕微鏡だった。
わたしたちはそれを日本で3Dプリンタ等で実際に製作することができた。物質
は、物質的に輸送されることなく、情報的に転送されたのだった。それももっ

とも緊急のときに。

ところで、この逸話に代表されるような、非常時のサバイバルのための「命綱」としてのネットワーキング活動に想像力を供給してきたのは、かつてのアポロ13号の出来事であったといわれている。1970年、3度目の月面着陸に飛び立ったアポロ13号では小爆発が起きた。技師が1本のネジを外し忘れたという、ささいなことが事故原因の出発点であった。そのとき、通信で相談を受けた地上の管制官たちは、船内の情報をヒヤリングし、結局、船内に余っているボール紙やビニール袋をガムテープで貼り合わせて部品を取り付けるカートリッジを製作する方法を考案した。そして、作り方を口頭（通信）で飛行士たちに伝えたのである。こうして完成させた間に合わせのフィルターでなんとか窮地を免れ、アポロ13号は無事帰還できたのであった。

こうした文脈もあって、NASAは、来年にでも宇宙船に3Dプリンタを搭載する計画があることをすでに発表している。周りに店舗のない、宇宙、砂漠、未開の地へと出かけていく際のアイテムとして、“コンピュータ・ネットワークにつながった”3Dプリンタこそが何よりの命綱となるだろう。サバイバル的な状況とテクノロジーの進歩は常に両輪で進んでいく。3Dプリンタは私たちの自律性（オートノミー）を高める機械だが、ネットワークが互助性を同時に担保する。かくして、情報を交換するだけのインターネットから、ものをつくる機械がつながれ、ものをつくる人がつながれ、アイデアが交換されるインターネットがやってくる。私はこの感覚を「ウェブ社会からファブ社会へ」という言葉に託している。

6. 人工物の細胞＝「フィクセル」

冒頭に紹介したスタートレックに話を戻すが、レプリケーターは「分子」を単位として、あらゆるものをつくり、あらゆるものを戻すこともできる機械として描かれていた。こうした分子機械の研究はすでに始まっている。しかしわたしの研究室では、これとは違う、もう一つ別のまなざしを持って日々の研究活動に臨んでいる。それは、自然物の最小単位である「分子」（や原子や素粒子）にこだわることを諦め、むしろわたしたちのつくる「人工物」の最小単位こそを、その人工物の特性に合わせて自分たち自身で個別に設計（デザイン）するというアプローチである。

たとえばかつて、ピラミッドやスフィンクスは、直方体状の石の塊を単位として積み上げられてつくられた。石の塊は数人で運ぶほどの大きさであったが、それが時代を経てひとりでも運びやすい大きさのレンガとなり、レンガ造の建物が建設されることになる。その仕組みは玩具へと伝搬し、小型のレゴブロックがつくられた。比喩的にいえば、ここでのいう石の塊やレンガ、そしてレゴブロックは、人工物の「細胞」のようなものである。この「細胞」の単位は、こ

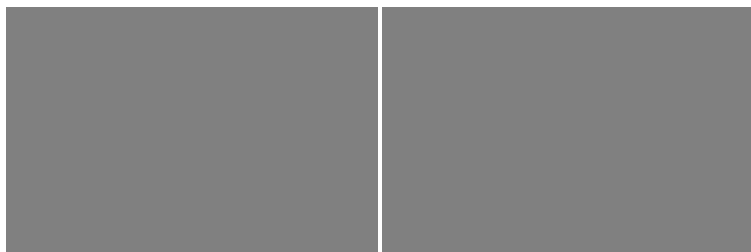


図5 小さな単位を集積によってつくられた「椅子」

れまで加工のしやすさや運びやすさ、組み立てやすさと、組み立てられるものの大きさとのバランスによって決められてきた。建築のようなメガスケールの人工物ではメガスケールの単位が、家具のようなマクロスケールの人工物ではマクロスケールの単位が、玩具のようなメゾスケールの人工物ではメゾスケールの単位が、電子回路のようなミクロスケールの人工物ではミクロスケールの単位が、そして本当の細胞のようなナノスケールではナノスケールの単位が選ばれた。しかしいま、そのスケールの対応関係を意図的に崩すことに人工物の進化を期待できる状況となってきた。単位を、より小さく、細かくすることで、よりたくさんのスケールを同時にカバーすることができるのではないかと。

人体は約60兆個もの細胞で構成されている。それに比べれば、現在の人工物の単位の大きさと数では、十分な複雑さを持ち得ていないのである。私たちは「60兆個の単位素で構成される人工物」を、その単位素の再設定を伴ってデザインすることを想像しなければならない。そしてそれはひとえに「人工物の解像度」を高めることでもある。パソコンのディスプレイを例にとってみよう。かつては640×400ドットだったスクリーンが、いまのスーパーハイビジョンでは7,680×4,320ドットである。ピクセル数は、256,000から、33,177,600へと129.6倍も増えた。ピクセル数が増える、すなわち解像度が上がるにつれて、ピクセルで構成されたディスプレイは、「アナログ」と遜色ない表現力を手にいれた。表現力がアナログに匹敵するようになり「見た目」上の差が無くなったその背後で、「仕組み」の上は、デジタルのほうがアナログよりも画面に対して柔軟な操作を行うことができる。画面のなかの一つのピクセル（点）だけを色を変えたり、画面全体にさまざまなエフェクトをかけたりすることができているのである。

人工物の「単位」をより小さくし、そしてより多くの量の単位を用いてひとつの人工物を構成できるようにすること。それは、すなわちディスプレイの解像度をあげていくような行為に他ならない。ものの解像度を上げていくのだ。しかしそのためには、石やレンガ、レゴのように「人間が」その手を使って単位を一つずつせせと組み立てていくのとは異なる、別の組み立て方の構想が必

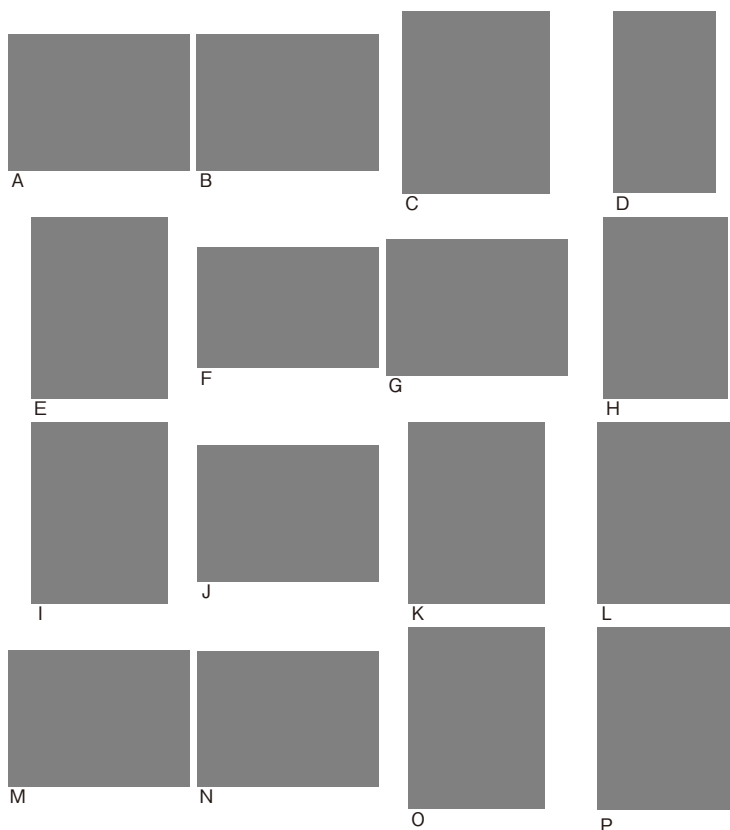


図6 「フィクセル」を課題とした授業課題の結果。慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス「デザイン言語実践（田中浩也）」の1課題として独自の最小単位をデザインする試みを行った

- 制作：A 亀田菜都子・池田光・西本亜紗・真子瑛早
 B 加藤花乃・杉本亘・中谷萌子・秋田勇魚・岩田萌・リドウワン豊
 C 廣田利佳・西賢吾・澤村尚樹・小林祐希・西田梨穂
 D 吉田桃子・鈴木聡子・高木ゆき・廣多岳・伊集院琢磨・川本杏珠
 E 原田健太・向山亜紗美・諏佐智行・荻田雄亮・酒斗亮輔・平野洋祐
 F 山中勇成・大庭広明・栗原美樹・青柳萌美・大江智之・篠寄洸
 G 葛上洋平・吉田笙子・生野佳美・加藤愛沙美・高橋鴻介・檜木慎一郎
 H 原慎之介・大瀬花恵・クレシ預・小倉慶己・松井理真・中村早希
 I 岡本そら・森下恵美理・永良凌・佐竹紘明・守矢拓海・遠藤澄絵
 J 相馬弘太郎・遠畑衛・高林菜々子・亀井佐知子・鈴木悠生
 K 加藤奈美・渡辺彩子・柿成里咲・丸田郁子・高橋未来
 L 加藤輝之・小林茉莉子・山田尚明・川崎敦史・吉田詩央莉・愛宕沙也
 M 久野貴弘・松元佳彦・栗原智子・大城華莉絵・大崎悠悠・石井結言
 N 掘晃・草野美木・中嶋颯・瀬戸山七海・伊藤壮一郎・富川里紗
 O 安達優・今村陸人・井上佳苗・戸澤亞美・岩田夏子
 P 長谷川貴広・檜山永梨香・水谷秀人・福田香子

要である。昨年、わたしの学生のひとりが、2cm角ほどの小さいなブロックを何千個もつくり、それを手で組み立てて椅子をつくった。この組み立てには何時間をも要したのである。本来であればこの調子で壁をつくり、部屋をつくり、家をつくってみたかったのだが、残念ながらそれには途方もない時間 — 数年

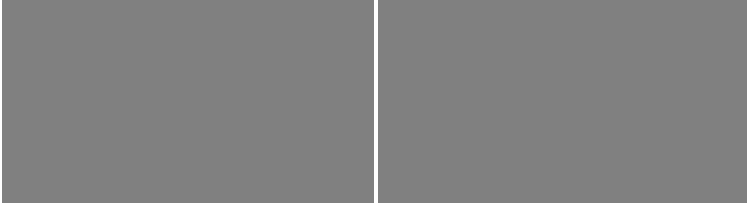


図7 日本の仕口・継手54種類。インターネット上にすべてオープンソースに公開してある。

をも要してしまうかもしれない。そのために、人手で組み立てるのではない、機械によって自動化された方法で、こうした細かな単位を組み立てる手法を研究する必要が明らかになってきた。

本稿で研究について詳細をこれ以上述べることはしないが、いまわたしたちが開発している手法が成功すれば、機械が、小さな単位を瞬時に組み立てて3次元立体をつくりあげ、そしてまた必要なときにバラバラに分解してもとに戻せるようになるはずである。そして、単位ひとつから生まれる小さな人工物から、単位が大量に集まってつくられる巨大な人工物までが、同じ原理によって生み出され、拡大縮小するようにもなろう。この機械は3次元のディスプレイのようなものである、と説明したいところなのだが、実際に「人工物」として取り出し、触り、使えるから「ディスプレイ（表示装置）」とは違う。見るだけではなく触れることのできる、鑑賞するだけではなく取り出すことのできる情報。情報の現れではなく、情報そのものを纏った物質である。それゆえに、わたしたちはこの機械を「フィスブレイ」と名付けた。フィスブレイはディスプレイに物理性（フィジカル）を与えたものであるが、同時に、物質が遊戯する（プレイ）場でもある。

わたしはいま、パソコンのディスプレイに向き合いながらこの原稿を描いている。ディスプレイ上では、2次元の色の変わるピクセルが瞬時に並べられ、1秒に何十回も並べ替えられている。そしてわたしはこうして原稿を書きながら、何度も「バックスペース」を押して前に戻り、書き直したり、カット＆ペーストして段落を入れ替えたりしている。そうした「操作」がすぐに「表示」に現れる。そうして、書きながら、同時に、考えている。フィスブレイは、物質に対してそれと同じように、「前に戻る」操作、「拡大縮小」する操作、「カット＆ペースト」する操作などを与えるだろう。そしてその操作が物質そのものへと反映されるのだ。そして人は物質とともに思考することを始める。

この物質の最小単位を、わたしたちは、フィジカルとピクセルの混成語として「フィクセル」と名付けている。これからの時代は、この「フィクセル」の概念を片手に、3Dプリンタを本来の「レプリケーター」の姿へと近づけていく

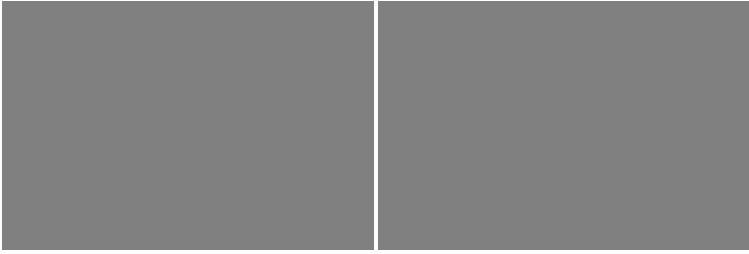


図8 編み物に見られる可逆性

ことになろう。

7. 組み木、編み物、折り紙 — 宇宙と日常が響きあうこと

ここまで述べてきたように、単位を組み合わせて3次元立体をつくり、またそれをバラバラにして単位にまで戻すことができるものは、ものでありながら基本的に「デジタル（離散）」的な性質を備えているといえる。すでに紹介したように、レゴはその代表例である。わたしたちはそれをさらに発展させて「フィクセル」の設計に取り組んでいる。しかし一度そのまなざしを持ってよく観察してみると、わたしたちの日常には他にもそうした「デジタル的」な性質をもったものが溢れていることにも気づく。ここでは三つをあげてみたい。

一つは木造建築である。日本の伝統的な木造には、釘や金物で部材と部材を完全に固定してしまうという発想が存在しない。仕口・継手で木と木をはめこむのみである。しかしその組み方やジョイント部の形状は何十種類もあり、それぞれ留め方の硬さや分解のしやすさなどが違っている。それぞれの技法に役割が与えられているのである。わたしたちの研究によれば、おそらく54種類が過不足のない最小セットである。実はわたし自身、鎌倉にある木造建築に住んでいるのだが、この建物はもともと秋田県の湯沢市で酒蔵として使われていたものである。その酒蔵が使われなくなることになり、移築再生が決まった。そして、すべて木のパーツまで分解してトラックに乗せられ、鎌倉まで運ばれてきたのである。そして鎌倉の敷地のうえで、まるでプラモデルのように組み立てなおされた。

次にあげられるのは編み物である。編み物は一本の糸から生まれるが、その最小単位は「編み目」である。編み物の作業途中に間違えた場合、またほどこいである箇所まで戻り、そこからいつでもやりなおすことができる。そうした意味でこれもまた「デジタル」なのである。さらにわたしの個人的な記憶をひも解けば、幼いころのお気に入りのセーターのことを思い出す。母に編んでもらったセーターはとても好きな緑の柄だったのだが、しかし体の成長とともに、だんだん小さくきつくなって、着れないサイズになっていった。そんなある日の

こと、小学校から帰宅してみると、私のセーターは無くなっており、同じ柄の手袋とマフラーに変身していたのである。編むこととほどここと、その二つの行為が操作を相殺するからこそ、こうした可逆性が生まれるのである。材料にまで戻すことのできる日用品。編み物はその最たるものである。

最後にあげられるのは折り紙である。折り紙は1枚の紙を畳んで立体を構成する技法であるが、再び開いて面にまで戻すこともできる。折り紙には、鶴や動物といったモチーフを折るような工芸的な系統と、缶の表面などにも用いられているような科学的・数理的な系統の二つが存在する。後者に限って言えば、現在その実用的応用が、極小の人工血管から極大の宇宙用ソーラーパネルにまで、大小さまざまなスケールに渡っている。血管の中に小さく折り畳まれた状態でシートを差し込み、傷口で開けばそれは穴を防ぐチューブとなる。また折り畳んだ状態で宇宙へ向けて発射し、宇宙で大きく開ければソーラーパネルになるのである。この特徴は、限られた空間を有効に活用すること、移動中と実用中で二つのモード（開かれた状態と畳まれた状態）を備えていることである。

組むこと、編むこと、折ること。バラバラにすること、戻すこと。ここに共通してみられる特性は「破壊と創造」、ではなく、「分解と再編集」である。これらはおそらく、空間の狭い日本において、狭い場所を有効活用するために生まれた技法であろうし、少ない資源を効率的に再利用しようとする知恵でもあろう。また自然災害の多い地域ならではの、エフェメラルでテンポラルな感性の現れであるともいえる。あるいはかつての日本で、日常を楽しむために生まれた遊びの文化とも関連付けられる。しかしこうした身近な技法が、「もののデジタル化」の進展と、いま絶妙に響き合っているのである。

3Dプリンタをはじめとする新しい工作機械の登場によって、デジタルな技術をフィジカルな世界に適用できるようになり、結果的により親環境的なものづくり、そして元にもどすこともできる宇宙的なものづくりがはじまっている。そうした技術について議論するための国際的な学会も同時多発的に生まれてきている。しかし驚くのは、そのどこへ行っても「ORIGAMI」「SHIKUCHI」「TUGITE」が当たり前のキーワードになっていることである。宇宙のような非日常空間を目指した技術展開が、一方で私たちの生活の日常の行為とも共鳴しあっていることにも、わたしは不思議な感慨を覚える。

情報と環境の世紀における「ものづくり」。宇宙と日常の両極をつなぐ「ものづくり」。結局、その核にあるのは、デジタルとフィジカルを「対等」に捉えそれらを組み合わせることのできる「フィジカル」という新しい感性であり想像力である。この感性がどのような美学に結実するのかは、まだこれからの課題である。しかしま何よりも重要なことは、3次元プリンタという、わたしたち自身をモデルとした機械の姿を見て、わたしたちがもう一度自分自身のこと

を鏡のように考察すること。そして同時に、その機械とサイボーグ的に接続することで外に向かって再び「開かれ」、「つくる自分をつくる」ことができるかどうかである。

かくして、わたしたちは再び世界制作へと向きあう。

(たなか ひろや・慶應義塾大学環境情報学部准教授／デザインツール、デザインマシン、
パーソナル・ファブリケーション、ソーシャル・ファブリケーション)