

アーキテクチャル・コーディング 第1回

パラメトリック・モデリングとゲーテ——型と派生の思考を巡って

■パラメトリック・モデリング(パラメトリック・デザイン)とは

コンピュータを用いたデザインを手法として大きく3つに分類するならば、

(A) 通常のCAD(この場合の「D」は「DesignのD」というよりむしろ「DraftingのD」と解釈したほうが正確だろう)

(B) パラメトリック・モデリング

(C) アルゴリズムの利用

となる。今回はこのうち(B) パラメトリック・モデリングに焦点を当て考察を深める★1。

パラメトリック・モデリング(パラメトリック・デザイン)とは、変数操作を用いた設計手法の総称である。3次元モデルの寸法や角度・スケール・数・属性などを定数ではなく変数(パラメータ)として定義し、それらの値や関係进行操作することで目的とするデザイン解を得る。多くの場合、数値を変化させることと、3次元モデルを幾何学的に変形させること(もしくはモデルの配置を変化させること等)が対応付けられるわけだが、「数」と「かたち」相互の関係を理解し制御することで、通常的设计手法よりもメタな視点を獲得することができると思われる。

パラメトリック・モデリングを表層的な形状探索手法と捉える誤解も一部には存在していると聞かすが、筆者は、パラメトリックなモデルをつくるまでの過程——すなわち「観測プロセス」は、設計者に新たな世界認識・理解・発見をもたらす契機であると考えている。ここでいう「観測プロセス」とは、「世界や対象を変数の集合と捉えて再構造化する認知過程」のことである。さらに、近年ではツールのユーザーインターフェイスの改良に伴い、一度慣れてしまえば通常の(スタティックな)モデリングや手描きスケッチに追従できるほどの速度でパラメトリック・モデルをつくることができるようになってきている。こういった状況が、いかなる認識の変更を我々に要請しているのかを考えていきたい。まず下図のプロジェクト紹介から始めよう。

■椅子から椅子族へ

このプロジェクトは、既存の「椅子」を観測し、その成り立ちの過程を1ステップずつに分解、順序立てて時系列に再現・再構成したものである。その過程で、実物では定数として固定されていた値をひとつずつ変数に置き換えて解きほぐし、パラメトリック・モデルを構築している。そうしたプロセスを経ることで、最後にパラメータ群を何段階にも変化させることができるようになり、理論上は無限に派生した(この場合は51種類に限定してある)プロダクト・ファミリー★2＝「椅子族」が得られている。なかには、パラメータの意外な組み合わせによって一見突然変異的なもの——「椅子」とは呼べない何かに逸脱してしかけているもの——も顕れている。これは、米国でバイオミメティック(生物模倣)デザインと建築の融合を研究する Jon Bailey によって行なわれた「F-Chair」というプロジェクトである(本人の許可を得て転載している。実装環境は Grasshopper[前回参照]が採用されている。)

1——F-Chair (1) / Jon Bailey

最終的に得られるプロダクト・ファミリーの風景＝すべて微差を持って異なる椅子「族」。

出典＝<http://www.grasshopper3d.com/photo/fchair-1?context=latest>

2——F-Chair (2) / Jon Bailey

Grasshopper によるスクリプト。横軸が「成り立ちの過程」(左から右に向かって、1点から、徐々に椅子のかたちになっていくまでの全16ステップ)。縦軸が「椅子を構成する変数」(全10種類)となっている。

出典＝<http://www.grasshopper3d.com/photo/fchair-2?context=latest>

3——F-Chair (3) / Jon Bailey

最終的に得られた椅子の「標本」。変数の組み合わせは理論上は無限であるが、この場合は51種類をピックアップしてある。

出典＝<http://www.grasshopper3d.com/photo/fchair-3?context=latest>

4——F-Chair (4) / Jon Bailey

椅子群の「系統樹」的な表現。ひとつの個体から、それそのものが内在していた「潜在的な全体」をあぶり出し、それを多数の個体群として発生させる。

出典＝<http://www.grasshopper3d.com/photo/fchair-4?context=latest>

■観測からの発生・派生・生成

このプロジェクトは既存人工物の解釈という意味で「リヴァース・エンジニアリング」であるといえるが、その解釈と整理の手法に特徴がある。まず第1にプロセスを整理していること(図版では横軸)。点が4点に分裂し、脚が生え、座面や背板が張られ、骨格を持ち、全体として構造をなすまでの過程・手順がビジュアル・スクリプトとして記述されている。Grasshopperでは繰り返し／ループ構造や条件分岐の概念を十分に使用できないため、この記述が「問題を解くための“効率的”手順」という意味である「アルゴリズム」★3であるとまでは言い難いが、しかし料理のレシピに近い時系列の記述にはなっている。

第2に、既存のオブジェクトを抽象することで新たなオブジェクトを生み出すためのメタモデルをつくっていることである。ものづくりにおけるリヴァース・エンジニアリングとは、通常「製品の先行イメージとして作られたクレイモデルや、既に現物がある製品などの形状データを測定しそれをもとにCADデータを作成すること」★4とされているが、ここではパラメトリック・モデルすなわち「抽象化された表現」が独自に構築されている。コンピュータ上の記述としてこうした表現をつくり出せたために、既存の椅子の単なる観察・再現・分析に留まるのではなく、新たな椅子群の発生・派生・生成までが連続的に実現されているのである。なお、ここでの「モデル」とは、現実世界の物体を記述しているのではなく、設計者の理解を外在化しただけでもなく、デザインの潜在的な「解空間 (Solution Space)」そのものをあぶり出し、定義したものと捉えた方が適切である。観測から生成までを繋ぎ、既知のものから未知のものを発生させる、デザインの新たな一手法と呼んでもよいだろう。

5——同様の手法で「ロッキング・チェア」の椅子族をつくりだしたもの。4脚の椅子とはまた異なる「種」の提案。平本知樹(慶應義塾大学田中浩也研究室)による。

6——上記「ロッキング・チェア」のGrasshopper スクリプト。平本知樹(慶應義塾大学田中浩也研究室)による。

■変数の発見／定義／決定

ではこうした「パラメトリック・デザインのプロセス」を「実務のデザインプロセス」のなかにもどくようにして埋め込むことが可能かを考えてみよう。

現実のデザインプロセスの半分は、クライアントの要望を聞くなかで／敷地を観察するなかで／構造上の制約を解くなかで／コスト調整をするなかで、そして何よりも自ら多数の案をつくりそこに含まれる共通性と差異性を自らが確認するなかで、徐々に「変数を発見し」そして「変数を増やし豊穡化していく」過程であるといえる。あるプロジェクトに対する理解の解像度が上がれば上がるほど、無数の設計変数が浮かび上がって見えてくる。

パラメトリック・モデリングの重要な貢献は、デザインプロセスにおいて「変数を発見する」作業と「変数の値を決定する」作業とを分離できるようにしたことにある。「変数を発見」したとき、仮の値とともに「定義」のみしておけばよく、「決定」は保留可能である。実際に変数の値を「決定」するのは、すべての変数が出揃った最後の段階にまとめて行なうことができるようになる★5。これが何故に好ましいかと言えば、プロジェクトのなかの別々の時点で発見された変数群であっても、潜在的には大半が相互に関係を持ち、あるひとつの「もの」や「空間」のなかで依存・連動し響きあっているからである。従来のデザインプロセスでは、一度決定してしまった変数の値を、プロセスが進行した後になってから変更するには多大なコストがかかっていた（後戻りできない）。しかしパラメトリック・デザインでは、バラバラに見つかった変数一つひとつの決定は保留しておいたとしても、最終的に変数群どうしの相互関係までを把握し最適化したうえで、すべてを連動させながら同時に決定を下すことが可能である。それゆえに、パラメトリック・モデリング・システム (Parametric Modeling System) はしばしば、リレーショナル・モデリング・システム (Relational Modeling System) とも呼ばれている。

したがって、パラメトリック・モデリングの手法を導入すると、デザインプロセスは、変数を発見するための「上流過程」と変数を決定するための「下流過程」の2つに大きく分けられることになる。より精緻に言いなおせば、上流過程が「変数を発見しながらパラメトリック・モデルをつくる」過程、下流過程が「パラメトリック・モデルを使いながら変数を決定する」過程となる。このうち下流過程ではアルゴリズムによる最適化や生成が有効な場合が多いが、一般に上流過程は自動化できない★6。上流過程においては、デ

ザインの制約条件や解空間自体が不明確であるから、プロジェクト・リサーチと同時並行でパラメトリックなモデルをつくり、その広い解空間の全貌を調べていくことになる。下流過程では各変数間の依存関係と全体の連動性を考慮しながら、それらを目的に合わせて組み合わせ、最適化することで「統合」を行なう★7。

■コレクションとアダプタの往復運動

実務的な視点に続き、次に歴史的な視点でこの手法を捉えなおし、視点を輻輳化してみたい。現在は、規格化された同一品種大量生産の終焉の時代であると言われる。次に来たる多品種変量生産——すべてが似て異なるような微差を持って現われる人工物群を設計する時代——では、その着想や方法を生物界の原理に求めることが多くなっている。生物界にまったく同じものはひとつとしてないからである★8。ここまでの説明のなかでも「種」「族」「標本」「系統樹」といった生物学的／博物学的語彙を多用してきているのだが、筆者の考えでは、こうした考えの原点を遡ってゆくとゲーテの「Urpflanze(原植物)」にまで辿りつく。

7——ゲーテの「Urpflanze(原植物)」

出典＝<http://www.sidthomas.net/SenEssence/Evolution/urpflanze.htm>

18 世紀後半から 19 世紀初頭、ドイツの卓越した博物学者たちは「アーキタイプ」の理論を生み出していた。そのなかで最もよく知られているのは詩人・文筆家であったと同時に植物学者でもあったゲーテ(Goethe)である。ゲーテは、種の中の差異性(違い)よりもむしろ、それらに跨る構造的な類似性が見え隠れすることに心動かされていた。もし、ある種のグループ全体の基本設計図なるものが見つかったとしたら、それをさらに進めてすべての生物、すべての植物が共有するたったひとつの基本設計図を見つけることもできるのではないか？ ゲーテがまず考えたのは、植物は多様な外観を持つが、その裏には原初的・本質的な植物の型(タイプ)なるものが存在するのではないかということであった。そしてそれを自ら作り出し Urpflanze(原植物)と呼んだのである★9。

図 7 に示されているように、成長する幾何学的座標軸としての茎を備え、原初的な葉がいくつかの変形を加えられながら、異なる形に修正されて配されている。別の葉の

形状、花卉、葉の鞘は様式として描かれている。ゲーテは、これが一種の理論モデルであることを自覚しており、**実際に自然界で眼にする植物はこの基本的な型(タイプ)の多様な現実態として表れているのだ**と考えていた。

ゲーテは、イタリア・シシリー島へ旅した際に、見たこともないものを含め多くの新しい植物を目撃したという。そして新しい植物と出会えば出会うほど、理論モデルも少しずつ修正されて改良されていったという記録が残っている。現実世界を観察し、新鮮な眼で具体的な事例をひとつずつ「コレクション」=採取・標本化・観測しながら、それらを抽象化したアーキタイプ(原型)を構想するという往復運動を行なっていたのである。

ゲーテの場合は、対象が自然物—植物であったが★10、対象が人工物であってもこうした視点は応用できる。現代の設計論やデザイン思考の分野でも「コレクションとアブダクションの往復運動」の重要性は良く指摘されている。世界における現象を観察し、自身の観察の集合をつくること(コレクション)。それらのコレクションを成り立たせているメタな原理・法則を仮説推論的に導出すること(アブダクション)。その両者の緊張関係によって、リサーチとデザイン、調査と設計は相補的なものとなる。筆者の考えは、こうした**プロセスにパラメトリック・モデルを導入することによって、よりその作業をよりなめらかに繋げ、往復し易くできるようになるのではないか**ということである。ゲーテの時代と異なるのは、「モデル」が単なる記述ではなく、実際に操作し、修正し、改良し、自らがデザインを行なうためのツールとして、**またはデザインの知識を共有するためのツールとして育て、**応用することができる点にもあるのだから。

パラメトリック・モデルによる模写あるいはスケッチといったリテラシーを獲得すれば、身の周りのさまざまな人工物群が互いに連関を持ち**均衡を保っている**さまが良く見えるようになってくる。誤解を恐れずに言えば、多種多様な家具群の置かれた空間が、まるで動物園や植物園のようにさえ見えてくるのである。「系統学的なプロセスの複雑さや多様性を表現に変換する」★11 こうした手続きは、そうした生態学的な認識に支えられている。**コンピューティショナルなツールは、こうした世界認識と結びつくことで、はじめて真の豊かさを獲得するのではないか。**

9——上記ソフトウェアで生成された部品群の系統的な記述(岩岡孝太郎による)

10——オープン・(リ)ソース・ファニチャーVer.0.8(慶應義塾大学田中浩也研究室)

さて、本稿で述べたパラメトリック・モデリングという手法は、別の言い方をすれば、ある人工物(表現型)の内部的な記述(遺伝子型)を定義する**有力な方法のひとつ**である(たとえば、遺伝的アルゴリズムを適用するための準備となる)。しかしながら、人工物の遺伝子型の定義方法は一意ではない。円を描く方法が少なくとも15通りはあるように、正12面体の体積を求める方法が少なくとも6通りはあるように、遺伝子型の定義方法は無数にありうることに注意されたい(そしてアルゴリズムによって得られる結果の良し悪しは、往々にしてモデルの良し悪しに大きく左右されるのである)。

次回はウェブを軸とした集合知的な方法で人工物に遺伝子型を付与する方法について考えてみたい。そうした取り組みの代表例として、マサチューセッツ工科大学で進行中の「デザイン・ゲノム」プロジェクトを紹介する予定である。それを軸に、「社会」や「市場」といった環境のなかで人工物に属性が「外部から付与」され「蓄積」していくプロセスについて考えてみたい。

★1——正確に言えば、パラメトリック・モデルが通常のCADにおける幾何学情報とアルゴリズムを利用する際の数値情報を繋ぐ媒介となる。そのため、アルゴリズムを利用する際には多かれ少なかれ対象が変数の束として記述されていることになる。

★2——Product Platform and Product Family Design: Methods and Applications
Timothy W. Simpson, Zahed Siddique, Roger Jianxin Jiao, Springer; 1st ed. 2005. Corr. (2005)

★3——この定義はWikipediaを参照したものである。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%AB%E3%82%B4%E3%83%AA%E3%82%BA%E3%83%A0>

★4——この定義は Wikipedia を参照したものである。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AA%E3%83%90%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%82%A8%E3%83%B3%E3%82%B8%E3%83%8B%E3%82%A2%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%82%B0>

★5——Jon Bailey の図 2 は、プロセスを記述していくなかで適宜見つけていったパラメータ群を、「最後に」画面左側に並べ整序したものであることに留意しよう。この記述では、あたかも「はじめからすべての変数がわかっていた」かのような印象を与えるかもしれないのだが、実際にプロジェクトを進めていく際に、はじめからすべての変数が把握されているということはまずありえない。

★6——なおここでは「上流過程」と「下流過程」と述べたが、これら両者がパラレル（並列）なプロセスとして同時進行するやり方もありえるかもしれない、コンピューテーショナルな手法を用いた設計プロセス論は、今後、観察実験が進められる分野である。筆者の研究課題のひとつとさせていただきたい。

★7——デザイン過程を上流過程と下流過程に分けるというアイディアの詳細については、松岡由幸編著、河口洋一郎ほか著『もうひとつのデザイン——その方法論を生命に学ぶ』（共立出版、2008、pp.123-126）を参照。

★8——アトリエ・ワンの《イヌ・イス》や平田晃久氏の《Sofu》

<http://www.hao.nu/project/sof/sof1.html> など、生物的でありパラメトリック・デザイン的であるような家具作品は近年多数発表されている。次のような文言が示唆的である。「共有のフォーマットを見つけたことが、個別なものを生みだすことよりも、持続的に多様なものを生み出すことができるのだと思う。自分たちですべてデザインしなくとも、自然に多様性が生まれ進化するデザインである」（アトリエ・ワン『空間の響き／響きの空間』INAX 出版、2009、p.42）。

★9——Philip Steadman, [The Evolution of Designs: Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts](#), Routledge, 2008.

★10——椅子という人工物ではなく、植物という自然物を対象とした興味深い教育事例に、多摩美術大学の「アルゴリズム模写」がある。プログラムコードで植物のデッサンを行なった事例が、<http://dp.idd.tamabi.ac.jp/bioart/> に掲載されている。自然物の場合、もともと人間が組み立てたわけではないので、その工程を再現するというよりも、むしろ「全体の秩序や法則を捉える」というアルゴリズム的思考がうまく馴染むと思われる。

★11——ロベルト・ザイデル・インタビュー「イメージ、曲線、運動態」(『SITE ZERO/ZERO SITE』No.2「特集＝情報生態論——いきるためのメディア」メディア・デザイン研究所、2009、p.280)

★★——図2に示したF-chairの生成スクリプトを、平本知樹と筆者で独自に再現する試みを行なってみた。コードの一部はオリジナルと異なるが、基本的な挙動は変わっていない。以下のコードを.ghxファイルとして保存し、Grasshopperで読み込むことで実際に使用することができる。[【pdfダウンロード】](#)