

論文の内容の要旨

氏名：島田 英里子

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：アルゴリズムック・デザインによる空間とプロダクトの形態創生に関する研究

モノづくりには様々な要素を考慮して形を決定し、制作することが必要である。その要素とはモノによって異なるが、例えば、オブジェであればテーマや素材、設置場所の環境について、器やボトルといったプロダクトであれば用途やユーザーなどである。従来のモノづくりでは、これらの要素からスケッチや模型、3Dモデリングで試作を行い、実験や解析によってフィードバックを重ねながら最終的な形を決定する。

特に、建築構造物では、まず位相、形状、寸法を経験等何らかの方法に基づき仮定し、その性能を検証した後形が決定される。このとき、性能が十分でない場合には、寸法の修正を行い、再び検証するといった、いわゆる順問題を解く方法によって設計が行われてきた。近年、これに対して、性能をあらかじめ設定することから始め、これを満足する位相、形状、寸法を見つけ出す、いわゆる逆問題を解く立場で設計が行われるようになってきている。これは「形態創生」と呼ばれることがある。このように従来の設計手法は、デザイナーが目的に合う要素を決め、形を決定する(順問題)ため、デザイナーの経験が過剰に反映し既存の形に拘束されすぎてしまう可能性が高い。これに対して、「形態創生」は、目的の性能から要素を導き出し形態を創り出す(逆問題)ため、生成される形態が既存の形状にとらわれない。このような手法は、建築構造物のような目的や性能を定量的に評価しやすいモノを対象として研究が行われ、いくつかの設計に応用されているが、構造以外のモノにも適用することで、形状の新たな発想手法として有効であるのではないかと考えた。

一方、近年、情報処理技術の発達により CAD(Computer Aided Design もしくは Drawing)ソフトウェアは進化し、コンピュータを用いた単なる製図システムから CAD 上でアルゴリズムを構成し、形を生成することが可能な「設計支援ツール」へと進化を遂げた。例えば Rhinoceros という CAD ソフトウェアには、Grasshopper というプラグインがある。Grasshopper は GAE(Graphic Algorithm Editor)のひとつであり、これは直感的なアイコンで表現されるコンポーネントの接続によってアルゴリズムを組むことが出来る。位相、形状、寸法など形態は、このアルゴリズムによって生成することが出来る。GAE の登場により、プログラミング初心者でもアルゴリズムを組み、形を生成することが容易に出来るようになったのである。

さらに、レーザーカッターや 3D プリンタといったデジタルファブリケーションツールの普及も著しく、手軽に使えるようになってきている。今や、デジタルファブリケーションツールと CAD は、物質を情報に、そしてまた情報を物質に変換することができる、モノづくりにおいて重要な道具となった。CAD で作成したモデルから、デジタルファブリケーションを用いて、試作品を制作することは容易であり、短時間でフィードバックが可能となって、デザインの自由度は格段に高まっている。

本研究では、新たな形態発想支援システムの提案を目的として、アルゴリズムック・デザインによる「形状生成」と「形態創生」を行う。アルゴリズムック・デザインとは「要求される課題を解くためのアルゴリズムを用い、解答としての形態を生成すること」である。モノづくりの過程では、試行錯誤しながら何度も形状を変更し、設計条件も変わっていくことがある。アルゴリズムック・デザインでは、目的・結果の関係が明確なため、設計プロセスを整理することができる。これにより、設計条件が変わっても設計変数の値を変えるだけで形を生成することができ、試行錯誤をしながらの検討を容易に繰り返すことが可能となる。本研究では、「形状生成」とはデザイナーの判断でアルゴリズムのパラメータを設定し、これをデザイナーが自らコントロールして形状を生成すること、「形態創生」とは最適化アルゴリズムによって目的に応じた形態を創生することを示す。

アルゴリズムック・デザインによる形状生成の事例として 2 例を示す。1 例目は 3D スキャナーで自然物を 3D モデルとして取り込み、このモデルにアルゴリズムを適用してオブジェの形状を生成し、手工法により制作した。芸術的な制作にアルゴリズムを取り入れることで、芸術家の制作手法を広げることを試みた。

2 例目は漆芸家(伝統工芸従事者)と協働して形状を作成することを目的に、お椀の高台の形状を生成し、制作を行った。さらに、形態創生の事例として 2 例示す。1 例目は、プロダクトの例としてボトルに、ホタルアルゴリズム(Firefly Algorithm: FA)を適用し、注ぎやすさを目的とした形態創生を行った。2 例目では、空間構造の形態を創生するための最適化アルゴリズムを提案し、適用し形態創生を行った。また、これを設計支援システムに応用した。

本論文は全 6 章で構成されており、各章の内容を以下に示す。

第 1 章「序論」では、本研究の背景について述べ、それを踏まえ研究の目的、方法と構成について述べる。

第 2 章「アルゴリズムによる金属オブジェの形状生成」では、金属の薄板のパーツで構成するオブジェを、物質と情報を行き交わせながら作成する過程を示す。オブジェの形状は、3D スキャナーを使って得た自然物の 3D データに対して、アルゴリズムを適用して作成、決定した。このデータをフォトエッチング加工機に送り出力して、パーツを組み立て繋げ合わせることでオブジェを作成した。

第 3 章「アルゴリズムによる高台の形状生成」では、漆芸家の意図を反映しながら形状を作成し、エンジニアと漆芸家の協働による漆芸作品の制作過程を示す。お椀の形をもとに高台の形状を生成するアルゴリズムを作成し、パラメータ調整や 3D プリンタでの試作作成によって漆芸家と形状検討を行い、最終的な形状を決定し、制作する。

第 4 章「アルゴリズムによるプロダクトの形態創生」では、水を注ぐための把手付きボトルを対象とし、注ぎやすさを目的としたボトルの形態創生について述べる。アルゴリズムとして FA を用いた。FA は、ホタルの点滅運動に着想を得たアルゴリズムで、発見的最適化手法のひとつである。

第 5 章「アルゴリズムによる空間の形態創生」では、建築構造物を対象とし、部材長一様化問題、ひずみエネルギー最小化問題、断面設計問題に適用した形態創生について述べる。アルゴリズムは自己組織化概念に基づいており、自己組織化では、要素間の相互作用によって全体構造が変化し、さらに全体構造がまた各要素の性状に影響を与えるという繰り返して徐々に全体構造が生成される。さらに、GAE を用いて、プログラミング未経験者でも直感的にアルゴリズムを自由に組み替えることができることを目標とした設計支援システムを実装する。

第 6 章「結論」では、全体のまとめについて述べる。

以上から、新たな形態発想支援システムを提案することを目的に、アルゴリズムを用いた形状生成および形態創生手法を提案し、形態発想への適用性と有用性が示された。今後は、合理性と芸術性を融合した形態発想支援システムを、実際に空間やプロダクトの設計に生かしていきたい。