

## 論文審査の結果の要旨

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・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

審査委員：(主査) 教授 三井 和男

(副査) 教授 角田 和彦

教授 見坐地 一人

この論文は、形態を設計することにアルゴリズムを導入しようとする一連の研究をまとめたものである。アルゴリズムを実装したツールを開発することによって、形態を決定するための最も初期の段階から発想を支援し、合理性と感性を調和させながら、あるいは複数の設計者が各々のコンセプトを共有しつつ協働作業を行うなど新しいモノづくりに貢献しようとするものである。この研究の背景には、最適化問題における数値解析手法の発達がある。特に実用的な問題では、設計変数の増加に伴う解析の困難や数値解析上の不安定が指摘されている数値計画法に代わって様々な発見的最適化手法が提案されている。発見的な手法においては、常々最適性の保証の問題が指摘されるが、厳密に最適とは言えないものの複数の近似解を得られるこれらの近似解法は、性能の高い複数の代替案を提供するもの見做すことができ、発想を支援するためのツールとして好適であると考えられる。また、近年、情報処理技術の発達による CAD(Computer Aided Design) もしくは Drawing)ソフトウェアの進化も重要な背景となっている。CAD はコンピュータを用いた単なる製図システムから CAD 上でプログラムを記述し、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記述することが出来る。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可能となった。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たことも重要な背景である。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ている。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り、デザインの自由度は格段に高まっている。この一連の研究は、これらの背景を巧みに使い、前述の目的を達成しようとするものである。

論文は全 6 章から構成されており、第 1 章の序論に続いて第 2 章と第 3 章では「形状生成」について述べている。この論文で言うところの形状生成とは、デザイナー自身の判断でアルゴリズム中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としている。また、第 4 章と第 5 章では「形態創生」について述べている。この論文で言うところの形態創生とは、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指している。従って、第 2 章と第 3 章においてはパラメータの調整は、デザイナー自らの感性によるものであるが、コンセプトをアルゴリズムとして記述することによって何度でも繰り返して形状を調整することが可能となり、自由度の高い検討を可能としている。一方、第 4 章と第 5 章では、最適化手法をアルゴリズムに追加しており、前述のパラメータを自動的にコントロールすることを実現していて、第 2 章と第 3 章から第 4 章と第 5 章への発展に成功している。

既に述べたように論文は、全 6 章から構成されており、その概略は以下の通りである。まず、第 1 章「序論」では、本研究の背景および目的について述べ、それを踏まえ研究の目的、方法と構成について述べている。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している。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、決定する。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するという製作工程までを研究し、情報を管理することによって複雑な組み立てを実現することについても述べている。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している。高台は、お椀の形をもとにベース形状を作成し、アルゴリズムを適用し作成される。アルゴリズムのパラメータを変更しながら、漆芸家と形状の検討が行

われる。このデータを用いて 3D プリンタで試作品を作成し、さらに検討を重ね、最終的な形状を決定される。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ている。最適化アルゴリズムとしてホタルアルゴリズム(FA)が用いられている。ここで、通常の FA を多目的最適化問題のパレート解を求めるために改良を行い、成功している。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ている。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という仕組みを構造形態の創生に巧みに利用している。また、本手法は、単純な計算の繰り返して構成されているため、設計変数が多い実用的な問題への適用も容易であることが述べられている。第 6 章「結論」では、全体のまとめと今後の課題について述べられている。第 1 章から第 6 章まで一貫して、形態を設計するために著者の研究により開発されたアルゴリズムについて述べられており、これらのアルゴリズムを実装したツールによって形態を決定するための発想支援、合理性と感性の調和、さらに複数の設計者各々のコンセプト共有と協働作業など新しいモノづくり実現へ貢献するという当初の目的を達成している。この成果は、生産工学、特に数理情報工学に寄与するものと評価できる。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成 30年 3月 8日