

アルゴリズムック・デザインの可能性  
- コンピューテーションとインタラクションの関係性から -  
Algorithmic Design Possibilities  
: Relationships on Computations and Interactions

羽太 広海  
Hiromi Habuto

## I. はじめに

「アルゴリズムック・デザイン」とはどのようなデザイン手法なのか。耳慣れない用語ではあるが、近年、手作業で造られたものとはテイストの異なるプロダクト、建築、アートなどが「アルゴリズムック・デザイン」の手法によって設計されている。私達の身の回りには蜂の巣構造を用いた建築や、ロマネスコ（カリフラワーの一種）の構造などを利用したプロダクトデザイン、有機的な曲線の照明器具など、趣向を凝らしたものを目にする機会も増えているのではないだろうか。デザイナーが長年の経験とデザイン、モデリング技術の知恵から導きだしてきた線や形を、勘と経験といった重力から解放する手法となっている。完全に定まった手法というよりは、コンピュータのアルゴリズムをジェネレーターとして用い、手作業では造形し得ないモデリングを行うものから、複雑なアルゴリズムを用いて緻密な造形を行うものまで幅は多義にわたる。このような手法の総称として「アルゴリズムック・デザイン」と捉えて構わないだろう。造形の表現の方向性や、要求される課題を解くためのアルゴリズムを用い、回答としての造形・形態、デザイン・モデルを生成する設計手法と言える。

筆者は長年3次元コンピュータグラフィックスを専門として、モデリングを中心に作品制作に行ってきた。いわゆる手作業によるデザイン、モデリングである。一方、インタラクティブアート・ジェネレーティブアートの制作においてはVPL（Visual Programming Language）によるパッチプログラミングの手法を主に用いてきた。作品を出力する際にはモニターやプロジェクターを用い、場合によってはプロジェクションマッピングを用い、インタラクションの双方向性を武器に鑑賞者に訴えかける手法を用いてきたが、そういったコンピュータの重力から抜け出すものとして、アルゴリズムック・デザイン、設計の手法がより一層の表現力として可能性を秘めているものであると認識している。コンピュータによるアルゴリズム的な演算をデザイン、設計のジェネレーターとして使う手法は大変魅力に溢れたものである。

## II. コンピューテーションによる構造デザイン

コンピュータがデザイン、設計、モデリングの行程に与えた影響は大きい。設計・モデリングに関していえば、ドラフターを用いた手作業での製図から、CAD（Computer Aided Design）へと置き換わり大きく進化した。これが第一の飛躍である。3DCGやCADといった職人的センスが大きな比重をしめる手続き型の作業や、入力、処理といった情報処理的な自動化、作業の蓄積と枠組みとってよかろう。CADなどはかつて手作業によって図面を引

いていた行為を、コンピュータ上に再現し、効率化を図ることが主な目的となってきた。いわゆる「デジタル化」というものである。

第二の飛躍は、コンピューテーション・デザインによる熟練者の手作業ではなし得ないアルゴリズムをジェネレーターとして用いる可能性、選択肢が飛躍的に広がったことである。「コンピューテーション (computation)」とは論理的、数学的に目的に対して計算によって導く行程、手続きである。「Autodesk Maya」のMEL scriptや、「Rhinceros (Robert McNeel & Associates 開発)」のRhino scriptなどは代表的なものとして知られている。とくに「Rhinceros」のプラグインである「Grasshopper」はVPLによって比較的容易にプログラミングによるモデリングが可能となっている。VPLの代表的なものには筆者がインタラクティブアートの制作に使用している「Quartz Composer」や「Max/Map」「vvvv」などがあげられる。造形の可能性を飛躍的に広げるコンピュータとの関係性が、あるべき姿になりつつあるといっても過言ではないだろうか。

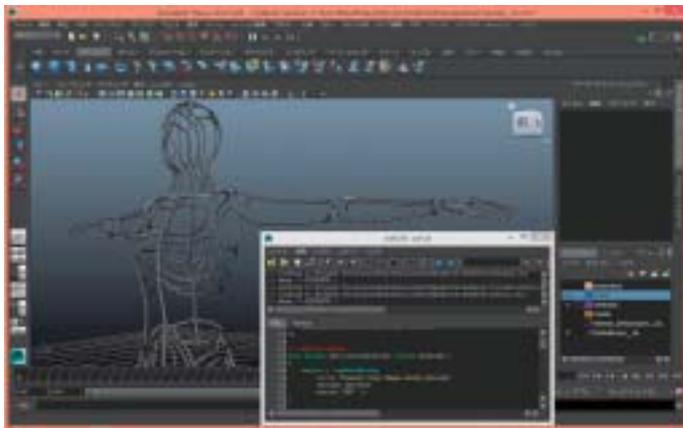


図1 「Autodesk Maya」モデリング画面とスクリプトエディタ

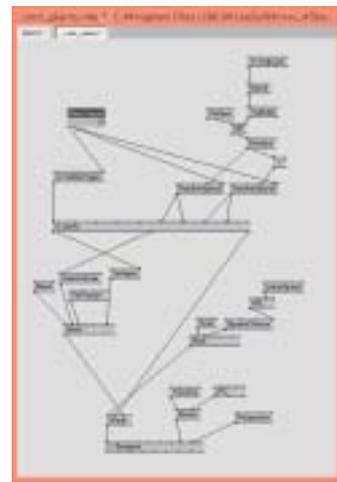


図2 「vvvv」のVPL形成のエディット画面

コンピューテーション・デザインは折り紙、クラフトといった分野にも裾野を広げている。元来、手工芸的な分野であるが、複雑なシミュレーションを行えるようになり可能性が広がっていると言えよう。「Freeform Origami」 「ORI-REF (開発: 筑波大学・三谷純)」などは、3DCGやCADから基礎形態のモデルを読み込み、自由曲面の折りのシミュレーションを行うことが可能となっている。筆者は以前、折りクラフト、プログラミング、プロジェクションマッピング、サウンドを複合的に組み合わせたインスタレーション「Draw a Firefly 蛍」を制作した。3DCGの基礎形態を「ORI-REF」に読み込み、折りのシミュレーションを行い、形態を決定した。「ペーパークラフトデザイナー」によって展開図を起こし、カッティングマシーンで裁断する行程を取った。折り紙クラフトをミニマル的に配置し、そのクラフトに「Processing (ビジュアルデザイン開発環境)」によってリアルタイムに生成された映像をプロジェクションで投影する方法であった。その後、インタラクションについてはVPLの「Quartz Composer」に置き換え、音に反応するパーティクル発生といった手法へと昇華してさせてきた経過がある。カッティングマシーンや、NC旋盤、3Dプリンターと造形化する機器が出揃ったことにより、コンピューテーション・デザインをモニター状だけではなく、立体化することも大変容易になった。近年活発化しているパーソナルファブリケーションの潮流もこういったコンピューテーション・デザインを活用する動きが加速している。

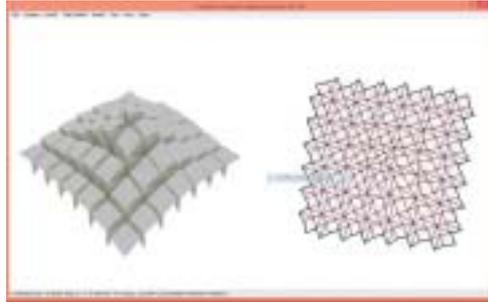


図3 「Freeform Origami」による自由曲面の折りシミュレーション

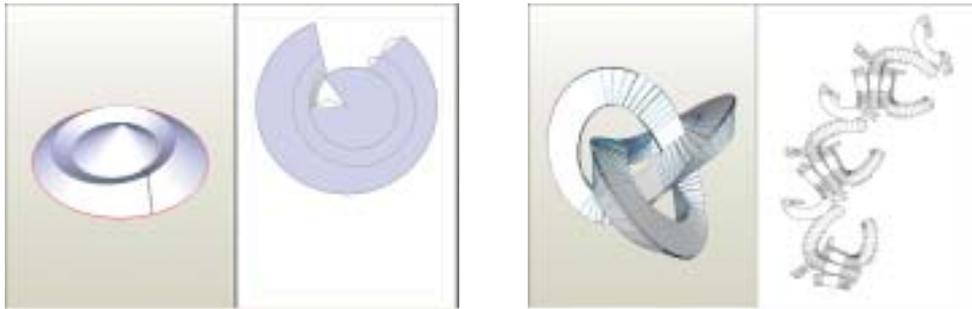


図4・5 「ORI-REF」による折りシミュレーションと展開図



図6・7 折りクラフトにプロジェクションマッピング

### Ⅲ. コンピューテーション・モデリング（コンピューテーション・デザイン）の広がり

コンピューテーション・モデリングまたはコンピューテーション・デザインと同様の意味で両方が使われているが、本論では3次元のモデリングについてはコンピューテーション・モデリングとして言及する。コンピューテーション・モデリングを行う環境として代表的な存在となっているのは、先ほど紹介した3次元の自由曲面モデラーのCADアプリケーションである「Rhinceros」とそのプラグインである「Grasshopper」である。新国立競技場の建設問題で物議となっている建築家ザハ・ハデイドの設計事務所も導入しており、新国立競技場は国内では設計の迷走で知れ渡ることになってしまった。国内においても建築家隈研吾の設計事務所が採用している。しかし、両事務所とも本人自身がエディットするわけではなく、「Rhinceros」+「Grasshopper」によるコンピューテーション・モデリング

を習得した若手の建築家を雇い入れ、自らはディレクションを行う形で設計をしている。ザハ・ハディド事務所では3次元自由曲面モデラーであるアニメーションアプリケーションの「Autodesk Maya」も導入しており、用途によってモデルデータを受け渡し、デザインを行っている。全国各地のファブラボにおいても「Rhinoceros」＋「Grasshopper」を紹介する動きが加速しつつある。これは3Dプリンターで出力するモデルを設計する為に、コンピューテーション・モデリングを習得しようという動きの現れである。これらの現象から見えてくる興味深い点はザハ・ハディド、隈研吾など模型やドラフターなどによる製図での設計を行ってきた世代は、自らコンピューテーション・モデリングをマスターするには至らず、造形を刷新する方法論として若い世代の力を借りざるを得ないという事実である。しかし、コンペに勝つための意匠を凝らす為、「アルゴリズムック・デザイン」の斬新さを必要としており、とりわけその手法が手作業からの飛躍が望めるコンピューテーション・モデリングを用いることが世界的潮流となっている状況がある。CGアプリケーションやCADアプリケーションを表現のレバレッジとして受け入れてきた世代は「Rhinoceros」＋「Grasshopper」とくにコンピューテーション・モデリングを可能とする「Grasshopper」を歓迎して受け入れてきている。CGアプリケーションやCADアプリケーションの習得が単なるオペレーターとしての意味合いを超えた、次なる表現の地均し、受け皿の世代を作ることとなったことはとても重要な現象といえる。また各地ファブムーブメントに至っては、そういった意識も越境し、「Rhinoceros」＋「Grasshopper」を楽しんで受け入れていることが興味深い。

#### IV. パラメトリック・モデリング (パラメトリック・デザイン)

「Grasshopper」ではパラメトリック・モデルを生成・制御することが可能であるが、プラグインという性質上、モデルデータは「Rhinoceros」のモデリング画面に表示される。大変高精度でありプログラミングが瞬時にモデルに反映される為、複雑な構造物の制御が可能となる。「Grasshopper」は様々な役割を担うコンポーネント（インプット、アウトプット、関数で構成されるスクリプトの箱）によるVPL方式のプログラミングである。コンポーネントをパッチングし組み合わせる形式で、独自のアルゴリズムを構築することが可能となる。サーフェイスモデルの分割数などに「変数」を組込むことも容易となり、手作業では困難となる無数のパターンの生成や、デザインパターンを生成し、比較検討することなどもリアルタイムで行うことが可能となる。デザイン・モデリングは意思決定の連続であるが、手作業で行う際はその選択肢は、職人的な技量や、時間的制約の幅に限られる。しかし、モデル形状の生成パターン等に「変数」を組込み且つリアルタイムに確認が可能となることで、意思決定の幅は手作業ではなし得ない広がり「可能性の多様化」が生まれることとなり、柔軟かつ開放的な意思決定が行える。モデルに対する見通しが上がってくるほどに、より可能性の広げる「デザイン変数」が見えてくるといった状態となる。加えて、形状生成履歴の要所要所に「変数」を組込むことで、モデル生成の初段階から最終段階と、どの段階でも意思決定の再検討が可能となる。いわゆる要所要所を保留した状態で、最終段階へとモデリング行程を進めることが可能ということである。

パラメトリック・モデリングの最大の利点は、「変数の設置」と「変数値の決定」をする行為とに大雑把に括ることができる。パラメトリック・モデリング以前の作業では、モデリングの初段階に戻って再検討を行うには、再度モデルの作り直しなどが生じるなど、後戻りには多大な時間的コストを強いられてきた。「変数」を組込むことによってモデル生成のどの段階においても、再検討が可能となり柔軟性が高まった。形状の決定は最終段階まで「留保」しておくことが可能になる為、形状の決定は全ての「変数」を組込み終わった段階で形状を総合的に判断し決定することとなる。これが意思決定に際してもたらず効果は、モデリング過程で見出した個々の「変数」も全

体の形状に大きく影響をもたらすものであり、相互に関連しあっている。パラメトリック・モデリングに際しては、サーフェイスに対して個々に組込んでおいた「変数の値」の決定は先延ばしにしながら、モデリングの最終段階においてすべての「変数群」と「変数の値」の変化によるサーフェイス形状と関係性を見定め、連動された状況で「全てを同時に決定することが可能」となる。このことがデザイン・モデリングをする上で大変アドバンテージが高い手法であることが理解頂けるのではないだろうか。以上のような手法を活用し複雑な形状、膨大なデータも生成・検討を効率的に処理し、意思決定の留保、検討、最適化を行えることが、パラメトリック・モデリングの最大の利点となっている。

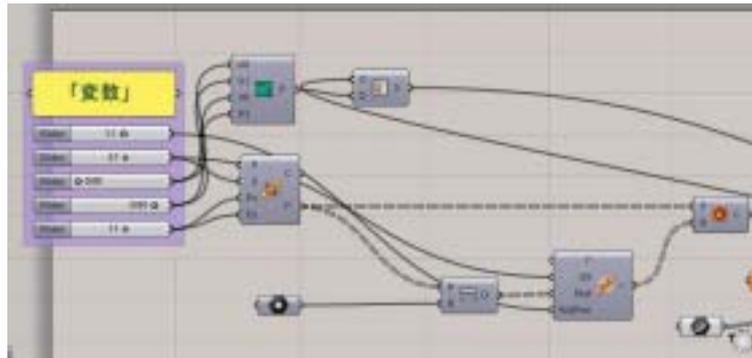


図8 「Grasshopper」のVPLによる変数の設定



図9・10 変数値によるパラメトリック・モデルのサーフェイス形状の変化

## V. 事例：「神戸ビエンナーレ」アート・イン・コンテナ国際展

「神戸ビエンナーレ2013」アート・イン・コンテナ国際展の展示に際し、「Grasshopper」+「Rhino」によるアルゴリズムック・デザインを用いて設計を行った。コンテナ内に展示を行うため、予めコンテナの内径を計測しておき、その内側をパラメトリック・モデリングによるシミュレーションによって複数の造形パターンを作り出し、インタラクションと融合した際に最も効果を発揮する形状を絞り込み、最終形状を導き出す行程を採用した。まず、コンテナ空間を充たす構造の候補として、ワッフル構造、ハニカム構造、ポロノイ構造、積層格子構造の4点をパラメトリック・モデリングによって大まかに設計し、各構造のサーフェイスには「変数」を組み入れ、「変数」の変化を用いて観客を包み込むような内面のカーブの検討と、もっとも視覚効果の高いデザインを選び出すこととした。

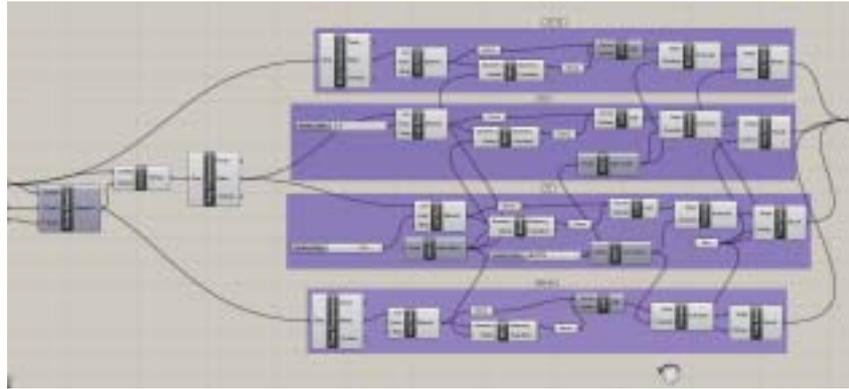


図11 「Grasshopper」によるパラメトリック・モデリングのパッチング

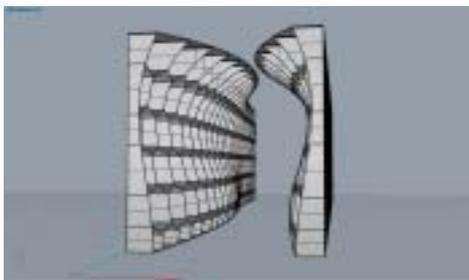


図12 ハニカム構造のモデリング

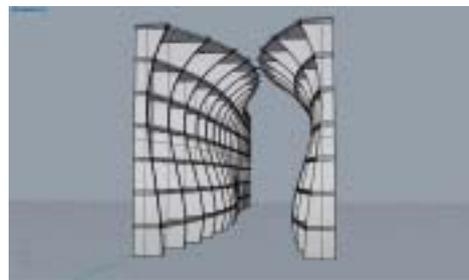


図13 ワッフル構造のモデリング

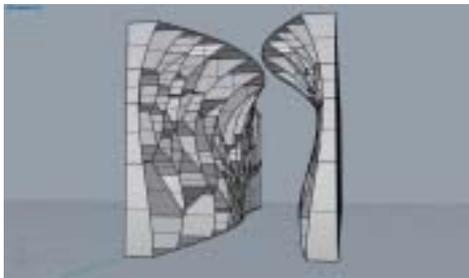


図14 ボロノイ構造のモデリング

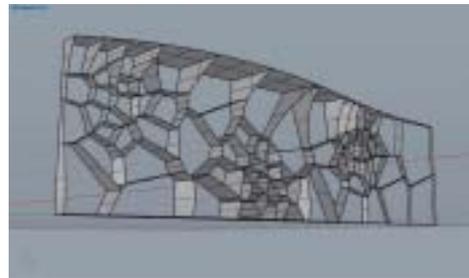


図15 ボロノイ構造のモデリング側面

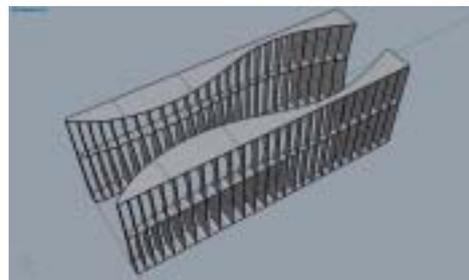
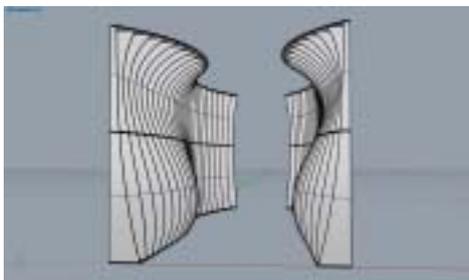


図16・17 積層格子構造のモデリング

インタラクションに関しては「Quartz Composer」を利用したジェネラーティブアートの形式を採用している。コンデンサーマイクによって集音し、観客の声や手を叩く音に反応してパーティクル（光の波紋）が生成される仕組みとなっている。声や拍手の音量に対して、パーティクルの生成量と大きさがリアルタイムに計算され瞬時に反応する。蚊帳と積層格子構造へは超短焦点プロジェクターを用いてプロジェクションマッピングを行って

いる。プロジェクションマッピングに関しては「MadMapper」を用いて現場の状況を見極め、その場で投影距離の微調整をおこない投影を行っている。

神戸メリケンパークを中心に全6会場において「神戸ビエンナーレ2013」が平成25年9月1日から11月31日に開催された。今年で第4回を迎え、「さく'saku」をテーマに現代アート、書道、メディアアートと幅広いジャンルの展示が行われる国際展となり、2ヶ月間の長い会期となった。ゼミ学生の協力を得て、アルゴリズムック・デザインとインタラクティブアートを融合した展示を行った。展示準備は夏の暑い最中、メリケンパークが会場となった。パラメトリック・モデルは静岡に拠点をおく武山木工所の協力を得て、「Grasshopper」+「Rhino」で設計したものをNC旋盤によって切り出している。素材は木肌が美しく、スクリーンとなることを想定してシナベニアを利用した。展示会場の施工については、建築・建具設計のイノウエスタジオの協力を得て行っている。台風の影響もあり、一次退避している野外作品もあるなかでの施工となったが、アルゴリズムック・モデリングを用いて設計した積層格子構造の建材パーツを、これも予め設計してあるスリットに沿って組みあげる工法で施工した。100個ほどのパーツを手分けして組み上げる段取りとなった。

組み上げ後はシュミレーション通り美しいアプローチ状の積層格子構造が現れる状況となった。展示は、アルゴリズムック・デザインとインタラクティブアートを組み合わせた体験型インタラクションである。蚊帳のなかに入って手を叩いたり、声に反応し光の波紋が蚊帳に広がり、溢れ出した光が積層格子構造にも投影される仕組みのインタラクションとした。神戸ビエンナーレは水辺都市神戸の都市観光的色彩が強いアートプロジェクトであり、来場者はいわゆる美術館に来場する客層とは異なり、家族連れやなどが多いといった特色がある。

この年は前を上回る36万人の来場者となっており、展示したインタラクティブアートは家族連れや、子供達に大変人気となり、歓声を上げる子供達の姿が見て取れた。

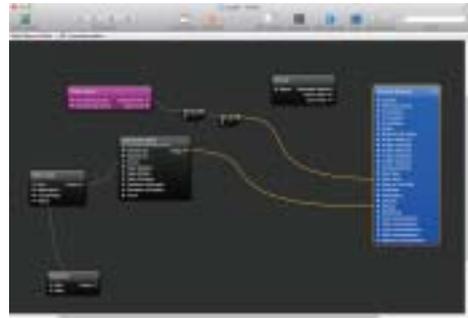


図18 「Quartz Composer」のVPL画面

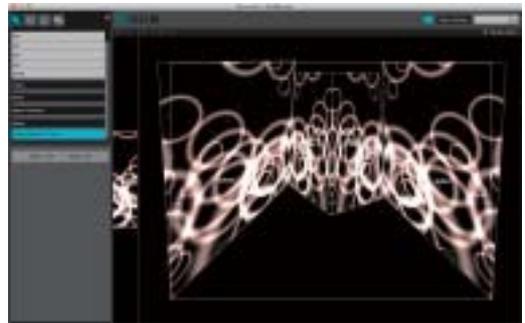


図19 MadMapperによるプロジェクションマッピング



図20・21 積層格子構造の施工現場

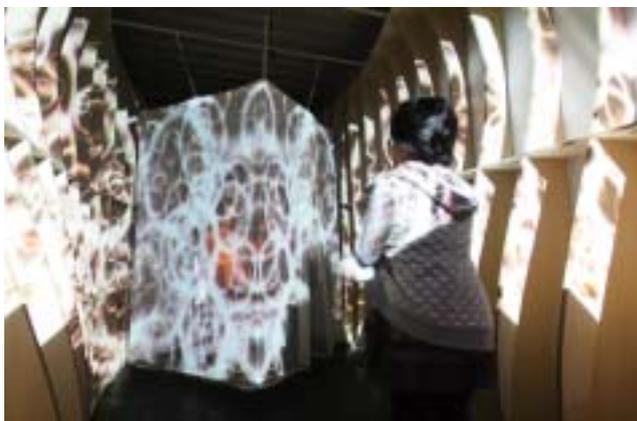


図22 インタラクションを体験する子供達



図23 Algorithmic Mosquito net Ripples

## VI. 結 語

「Rhinceros」+「Grasshopper」の組み合わせによる「アルゴリズムック・デザイン」は造形手法として高いポテンシャルを秘めている。個々の形状（モデリング）に固定されていた数値を、「意思決定の変数」として「保有」することが可能となり、多種多様な形状を創出する可能性は飛躍的に向上した。非常に短期間に様々な構造をシミュレートすることが可能であり、汎用性も高く、建築からプロダクトデザイン彫刻、パーソナルファブリケーションなど多くの造形に応用することが可能である。今後も多くのデザイン分野で利用されると思われる。着想を具現化する初期段階のデザインから、アイデアを短期間で形に起す際も非常に有効であり、実施設計の詳細な検討を行う中でも十分に威力を発揮できる。アート、デザイン、建築と「アルゴリズムック・デザイン」の豊饒性と広がり、今後も注視するに値するのではないだろうか。

## 参考文献

- 柄沢祐輔 田中浩也 ドミニク・チェン 藤村龍至 松川昌平 (2011)「設計の設計－(建築・空間・情報)制作の方法」INAX出版
- 近藤滋 (2013)「波紋と螺旋とフィボナッチ」秀潤社
- コスタル・テルジデイス (2010)「アルゴリズムック・アーキテクチャ」彰国社
- ジョージ・ドーチ (2014)「デザインの自然学 自然・芸術・建築におけるプロポーション」青土社
- 日本建築学会編 (2009)「アルゴリズムック・デザイン 建築・都市の新しい設計方法」鹿島出版会
- フィリップ・ボール (2011)「かたち 自然が作り出す美しいパターン」早川書房
- フィリップ・ボール (2011)「流れ 自然が作り出す美しいパターン」早川書房
- 三谷純 (2009)「ふしぎな 球体・立体折り紙」二見書房

- 三谷純 (2010) 「立体ふしぎ折り紙」二見書房
- リース・ケイシー マクウィリアムス・チャンドラー (2011) 「FORM+CODE—デザイン／アート／建築における、かたちとコード」ビー・エヌ・エヌ新社
- 渡邊淳司 田中浩也 藤木準 丸谷和史 板倉杏介 ドミニク・チェン (2010) 「いきるためのメディア—知覚・環境・社会の改編に向けて」春秋社
- 渡邊誠 (2012) 「アルゴリズムック・デザイン実行系 建築・都市設計の方法と理論」丸善出版
- Achim Menges (2012) 「Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design」Academy Press
- Arturo Tedeschi (2011) 「Parametric architecture with Grasshopper」Edizioni Le Pensur
- Asterios Agkathidis (2009) 「Modular Structures in Design and Architecture」Bis Pub
- Asterios Agkathidis (2011) 「Digital Manufacturing: In Design and Architecture」Bis Pub
- Asterios Agkathidis (2012) 「Computational Architecture: Digital Designing Tools and Manufacturing Techniques」Bis Pub
- Carlo Aiello (2014) 「Digital & Parametric Architecture」Evolu
- Christopher Beorkrem (2013) 「Material Strategies in Digital Fabrication」Routledge
- Dimitris Kottas (2013) 「DIGITAL ARCHITECTURE: New applications」Links Books
- FRANCESCA TATARELLA (2014) 「NATURAL ARCHITECTURE NOW—ナチュラル アーキテクチャーの現在」ビー・エヌ・エヌ新社
- Jane Burry, Mark Burry (2012) 「The New Mathematics of Architecture」Thames & Hudson
- Joseph Lim (2011) 「Eccentric Structures in Architecture」Bis Pub
- Mark Muckenheim, Juliane Demel (2012) 「Inspiration: Contemporary Design Methods in Architecture」Bis Pub
- Michael Hensel, Achim Menges (2006) 「Techniques and Technologies in Morphogenetic Design」Academy Press
- Lisa Iwamoto (2009) 「Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques」Princeton
- Rivka Oxman, Robert Oxman (2010) 「The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies」Academy Press
- Sarah Bonnemason and Ronit Eisenbach (2009) 「Installation-by-Architect Experiments in Building and Design」Princeton Architectural Press
- Xavier De Kestelier, Brady Peters (2013) 「Computation Works: The Building of Algorithmic Thought」Academy Press