

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：32681

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350030

研究課題名(和文) 手続型モデリングと3Dプリンタを併用した装飾部材の設計支援とその応用に関する研究

研究課題名(英文) A Study on Design Support of Decorative Ornament and Its Application using Procedural Modeling and 3D-printer

研究代表者

高山 穰 (Takayama, Jo)

武蔵野美術大学・造形学部・准教授

研究者番号：50571907

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではまず、装飾文様を手続的なアプローチによって生成することを試みた。具体的に再現するモチーフとして、メダリオンという文様を取り上げた。メダリオンは西洋のあらゆる装飾でポピュラーなモチーフであることから、汎用性が高いと考えられる。その際、二次元のメタボールを利用し、様々な回転対称の文様を自動生成するアルゴリズムを考案した。そこから得られる二次元の文様を高度マップとしてみなして利用し、高さ情報を持つ立体形状へと変換した。最終的に得られた形状は高解像度の3Dプリンタを用いて出力を行った。完成したレリーフ装飾は複数の美術展で展示を行い、一定の評価を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, we first tried to generate ornate patterns by procedural approach. As a motif of the ornament, this study focused on a pattern called "medallion" which consists of elements arranged in rotational symmetry. Since the medallion is one of the most popular motifs in the Western ornament styles, it is considered highly versatile in the field of ornamentation. We have implemented an algorithm to automatically generate various rotationally symmetrical patterns using 2D-metaballs. Then, by considering the 2D-pattern as a height-map, the generated 2D-pattern was converted into a 3D object with a height information. Finally, the generated 3D models were 3D-printed using a high-resolution 3D-printer. The completed wall plaques were displayed at several art exhibitions, and gained a certain reputation.

研究分野：デザイン学

キーワード：デザイン設計支援 デジタルファブリケーション コンピュータグラフィックス アルゴリズム 装飾

1. 研究開始当初の背景

西洋の古典的な建築・家具等に見られる装飾部材は多くが複雑な形状を持ち、その設計には時間を要するだけでなく、成形には熟練した職人の手作業を要する。そのため、近代以降の合理化されたデザイン・製造プロセスにおいて過度の装飾は避けられる傾向にあったが、近年のコンピュータによる設計 (CAD) の高度化や、3D プリンタの普及によって、今後は複雑な装飾部材を効率的に製造できる可能性があると考えられる。しかしながら、3D プリンタで出力される形状データは、実在する物体のデジタル化を除けば、一般的には CAD や CG ソフトウェアによってモデリングされたものが使用される。そのため、元となる形状を設計するのは人間の作業であるため、データの入力時間は物体の複雑度に比例することが多く、緻密な装飾部材などの設計には膨大な時間がかかる傾向にある。

一方で CG の分野においては手続的に形状を定義する方法がある。これは表現の対象物にみられる生成規則を抽出し、その規則を数式やプログラミング言語でアルゴリズム (算法) 化し、最終的な形状を得るものである。少ないデータ量で複雑な出力結果が得られることから、特に人間の手作業で定義することが難しい形状の表現に多用され、プロシージャルアニメーション (procedural animation) という呼称で映画の特殊効果などでも頻繁に用いられている。例えば樹木の形状の座標値を全て手作業で入力するのは大変であるが、枝分かれの角度や比率をアルゴリズム化することで、単純な規則から複雑な形状データを様々な形で得ることができる。このような手続記述法による表現の対象は、当初は樹木や岩肌といった生成規則を比較的抽出しやすい自然物が主体であった。しかし近年では都市景観や建築物など人工物を手続的に生成させる例もあり、さらに古代や中世を題材とした映像コンテンツの需要を受け、古典装飾を手続的に生成できる技術の開発が早急に必要であるとの指摘もある。このように、複雑な形状を手続的に表現する技法を開発することは、様々な用途における形状のモデリングプロセスの効率性向上への貢献度が高いと考える。このような視点から、研究代表者はかねてより手続的な技法を用いた装飾表現について、主に審美的造形面からの研究・制作を行ってきた。特にメタボールという、CG において滑らかな形状を表現するための技法に着目しており、「逐次閾値判定法」という独自のメタボール描画アルゴリズムを開発している。本アルゴリズムは特に装飾的な図案を容易に生成することが可能であり、実在する装飾様式への応用など、今後のさらなる発展が期待できる。そこで本研究課題においては、装飾的な文様生成のアルゴリズムを利用した形状の出力とその応用性に着目することとした。

2. 研究の目的

本研究においては、形状が複雑であるために成形に時間・技能を要する古典的建築・家具等に見られる装飾部材を、手続型の CG モデリング技法と 3D プリンタの組み合わせにより効率的に設計・出力を行う造形技法を開発し、主にその応用面での検討を行うことを目的とする。特に、研究過程で得られた立体形状を実際に装飾として用いる試みを行い、そのことで 3D プリンタの応用範囲を広げる。一連の研究により、建築・インテリア・美術工芸等において、旧来は長時間を要していた装飾の設計・製造過程の効率化に貢献できるような新規な造形プロセスを確立することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究で装飾文様を立体出力して応用することを目的とするが、その具体的な方法は以下の通りとなる。

(1) 古典的装飾の調査とモチーフの選定

様々な西洋の建築装飾の特徴を比較検討した結果、最も応用性がありそうな装飾モチーフとして、本研究では最終的にメダリオン (medallion) を取り上げた。メダリオンは回転対称に基づく構造に、幾何形体や植物などを様式化した表現を付加した物であり、古代から近代に至るまで西洋の各様式で幅広く見られることが選定理由である。なお、特に小型で家具装飾に用いられる回転対象の装飾は Rosette と呼ばれる場合もある。これらは回転対称における軸の数やモチーフの種類により趣が様々な異なるものの、概観すると鋭角状の突起による浮き彫り状の線要素を組み合わせた物が多い。

研究代表者は過去にメダリオン風のパターンを二次元の CG 静止画像として手続的に生成する手法を発表しているが、これらは擬似的な陰影を与えるのみであり、形状データは有していなかった。そこで本研究ではメダリオンの浮き彫り状 (レリーフ状) の要素を複雑かつ多様に立体形状として出力するアルゴリズムを構築することに取り組んだ。

(2) 立体化に即した文様データ生成技法

メダリオンの文様は、立体化に適した形式で二次元のパターンを最初に生成し、後にそれを三次元化する手順を採用した。具体的な描画技法として逐次的に濃度判定を行う二次元メタボールの描画アルゴリズムを用いている。同アルゴリズムを用いることで、従来の等濃度領域の描画を目的としたメタボールとは大きく見た目が異なる形状が生成され、具体的には各メタボールの曲線要素が残った棚田状の文様が得られる点が特徴的である。また、濃度分布に正多角形を用い、これを回転対称に配置することで装飾的な文様を発生させることができる。

通常、このようにして生成された画像は高

さ情報のない濃度データである。また、メタボールの描線がそのままでは重なり合ってしまう、立体形状として出力する際に矛盾が生じてしまう。特に本研究ではこれを解決するため、各画素における高さを、これまでの最高値と比較して、ピークを上回った場合に数値を置き換えていくアルゴリズムを採用した。このような手法で自動生成されたパターン画像を図1に示す。これらのパターンはパラメータが乱数で設定されたものである。

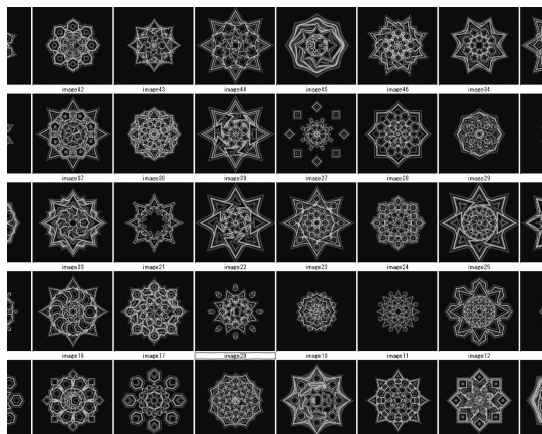


図1 生成されたパターン画像の例

(3) 立体形状への変換と出力

前述の手法によって得られた白黒の画像は立体形状生成の際の高さ情報として用い、ディスプレイメントマッピングという手法によって三次元形状データへと変換を行った。これとは別に点群データを出力してから立体に変換する技法も試みているが、クオリティ面で前述の技法が勝っていることが判明した。得られた形状データはさらに3Dプリントにおける一般的なフォーマットであるSTL形式へ変換を行った。

完成した三次元形状は3Dプリンタで出力を行った。出力にはプロトタイプ段階で3D Systems社製のProjet1000を用いた。同プリンタは液体樹脂を紫外線で固めるFTI方式を特徴としており、平面の出力がきれいである。そのため、レリーフなどを出力する本研究の出力に最適であると考えた。しかし、解像度が十分ではないことが判明したため、最終的にはより高解像度の3D Systems社製Projet3500で出力を行った。図2は両者の比較図であり、右側がより高解像度のものである。寸法はそれぞれ直径140mmほどである。

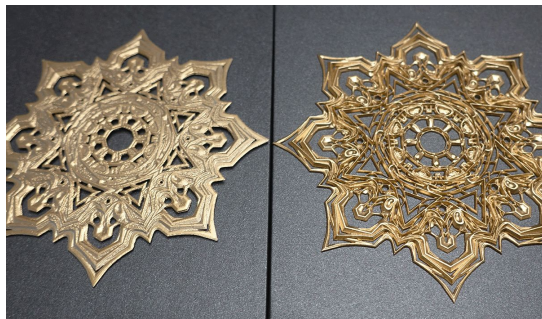


図2 プリント解像度の比較

(4) 室内装飾としての応用

実際に3Dプリンタで出力された形状について、審美性、耐久性などの面で室内装飾に用いることができるかどうかを検証するため、シャドウボックス形式のレリーフパネルの制作を試みた。

制作にあたって、当初は3Dプリントされたパーツの型取りを検討していたが、本研究で求める装飾の精密さでは、良好な結果が得られないことが判明した。そのため出力された樹脂形状に直接塗装を施すこととした。塗装には複数の種類の塗料や下地材を試したが、陰影の見え方から、黒のサーフェイサーとラッカー系塗料がもっとも陰影が視認しやすい結果となった。ゴールドのフレームの後ろに配された色面は、カラーシートを印刷し、UV加工を施したうえで背面から貼り付けている。ここまでの技法によって得られた形状は土台にマウントされ、最終的に額装された。図3は完成した作品の一部である。



図3 レリーフ装飾の例

4. 研究成果

完成した作品は、主に研究最終年度に複数のキュレーション制美術展覧会において展示を行う機会を得た(図4)。そのうちいくつかは、デジタルアートに焦点を当てたものではなく、絵画や彫刻など、トラディショナルなアートを含む一般の展覧会である。これらの展覧会において、本作は唯一のデジタルアート作品であった。つまり、これらの展覧会において、本作品は一般美術品と同等の審美性があると認められたと考える。また、展示を通じて、審美性やクオリティだけでなく、十分な耐久性があることも確認できた。



図4 装飾パネル展示の例

本プロジェクトではプロシージャルに装飾的な形状を生成し、さらに 3D プリントされた物体を壁面装飾として応用することを試みた。また、デジタルアートではなく一般のアートを対象とした展覧会で作品が展示された。出力された形状からは、パラメータの違いによって様々なバリエーションが開示されていることが見て取れる。なおかつ、人間の手作業では難しい精緻さを兼ね備えており、プロシージャルな特徴の魅力と、装飾美術の魅力が両立されていることが見て取れる。出力された形状は実在する様式を再現したものではないが、古典的な装飾の審美性を兼ね備えたものとして、複数の美術展で評価を受けた。

現時点では制約も存在する。本研究では二次元のデータを半立体的に描画しているため、断面にオーバーハングが存在する形状の表現はできない。これを表現するためには、三次元的にデータを構築する必要がある。

いずれにしても、結果として 3D プリントと手続き型モデリングの組み合わせが装飾美術において多大な可能性を秘めていることが確認できた。今後の発展として、レリーフにとどまらず、より立体的で彫刻的な深彫り装飾などへの応用も期待できるほか、耐久性や耐荷重なども考慮することで、装飾のみならず構造物としての応用も期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Joe Takayama, “Meallions: 3D-printed Wall Plaques Featuring Procedurally-generated Ornate Shapes”, International journal of Asia Digital Art and Design, Vol. 20, No.4, pp.97-102, 2017, http://doi.org/10.20668/adada.20.4_9, 査読あり

[学会発表](計4件)

Joe Takayama, “Medallions”, SIGGRAPH Asia 2016 Art Gallery, 2016年12月5日, マカオ(中華人民共和国マカオ特別行政区), <http://doi.acm.org/10.1145/3004257.3004481>

Joe Takayama, “Medallions: 3D-printed Wall Plaques based on Procedural Modeling”, 14th International conference for Asia Digital Art and Design, 2016年11月2日、インドネシア(バリ)

Joe Takayama, “A Procedural Approach for Designing 3D-Printed Ornaments”, NICOGRAPH International 2015, 2015年6月13日, 東京都市大学(東京都世田谷区)

Joe Takayama, “Tracerics: Algorithmically Generated Wall Plaques”, 12th International Conference for Asia Digital Art and Design, 2014年11月16日, デジタルハリウッド大学(東京都千代田区)

[その他]

学会賞: 14th International conference for Asia Digital Art and Design において Best Art Paper 受賞, 2016年11月2日

美術展覧会における研究成果物の展示: 「日本発! 現代アート展」(ウェスティンホテル東京) 2016年6月3日

美術展覧会における研究成果物の展示: 画家ト音楽展」(ギャラリー・シヨアウッド) 2016年5月11日~27日

美術展覧会における研究成果物の展示: 「近未来美術展-DOORS-」(伊勢丹新宿店) 2016年2月17日~22日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高山 穰 (TAKAYAMA JO)

武蔵野美術大学・造形学部・准教授

研究者番号: 50571907