

令和 2 年 7 月 4 日現在

機関番号：32681

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00733

研究課題名（和文）日本の伝統装飾のアルゴリズム化とデジタル造形技術の併用による設計支援とその展開

研究課題名（英文）Design Support and Development of Traditional Japanese Ornaments by the Combination of Algorithmic Approach and Digital Fabrication

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） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は複雑な装飾文様をアルゴリズム化してデザイン設計支援に応用することを目的としたもので、特にここでは日本の伝統工芸に見られる装飾に着目した。具体的には切子や組子に見られる幾何学的な文様を取り上げ、これらの文様の再現技法として、CG分野で主に植物の成長シミュレーションに用いられるL-systemという技法を用いることとした。結果として、L-systemの簡潔なルールの記述で伝統的に正確な文様を再現することに成功し、さらに文様の生成過程も動的に表現できることが確認された。最終的に得られた成果を応用して審美的なアート作品を制作し様々な分野への展開の可能性を探った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題は伝統装飾のデザイン設計支援を目的としたものであるが、その成果として実現したL-systemによる装飾再現技法は、将来的に伝統文化の継承や発展のために貢献できる可能性が高いことが判明した。また、装飾を動的に生成できる技法であるため映像コンテンツとの親和性が高く、特に本課題で制作した審美的なアニメーションは国内外で高い評価を得た。このようにデジタルアートから伝統文化の保護まで様々な応用が期待できる点で意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research aims to algorithmize complicated decorative ornaments found in traditional Japanese crafts and apply them to decorative design support. We specifically focused on the geometric patterns found in Kiriko and Kumiko. This project used a technic called L-system, which is mainly used for plant growth simulation in the field of computer graphics, to reproduce the patterns. By giving the L-system a concisely described rule, this approach succeeded in generating patterns which are faithful to tradition. Furthermore, the growing process of pattern was also can be generated. As a final step, we produced aesthetic artworks to explore the potential applications of our method to various fields.

研究分野：デザイン学

キーワード：デザイン設計支援 コンピュータグラフィックス 装飾 L-system アルゴリズム 切子 組子

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

装飾を多用した伝統工芸品は洋の東西を問わず複雑な形状であることが多く、その製作・加工には長い時間と労力だけでなく、高度な職人技を要する。一方で近代以降の工業化に伴い、大量生産の現場において装飾は主に合理化を理由に排除されてきた経緯がある。しかし近年、コンピュータによる設計技術の高度化や、デジタルファブリケーション技術の普及によってモノづくりの工程は大きく変貌を遂げつつあり、旧来の大量生産では難しい複雑な形状の加工も容易になりつつある。このような技術を応用することで、旧来は合理化を理由に排除されてきた装飾も様々な製品に応用できる可能性があり、そのためにも複雑な装飾形状を容易に設計できる支援システムの開発が有益であると考えられる。

一方でコンピュータグラフィックス (CG) やビデオゲームなどのデジタル映像コンテンツ分野においてはプロシージャル (手続的) に様々な事象を表現する技法の開発が進んでおり、装飾美術の表現においてもプロシージャル技法の応用が期待できる。この考えを応用し、装飾文様をプロシージャルに生成する技法を開発し、装飾文様の設計支援に応用することは伝統装飾の新たな産業応用を促すためにも有益であると判断できる。

### 2. 研究の目的

本研究課題においては、形状が複雑であるために成形に時間・技能を要する伝統工芸の装飾文様について、手続型の CG モデリング技法を応用することで効率的に設計・出力を行う造形技法を開発することを目的とする。特に本課題では日本の伝統的なカットグラスである切子や、欄間などの建具装飾に見られる組子の文様を手続的に定義し、複雑な装飾部材の形状データを簡潔な文法から生成することを試みる。特に、単なる装飾文様のシミュレーションに留まらず、エンターテイメントや映像コンテンツ用途が可能な表現を追求するため、動的に文様を出力することを試みる。また、3D プリンタ等のデジタル造形技術を用いて実体物として出力可能なデータ生成と、その展開も探る。

### 3. 研究の方法

本研究課題においては、伝統工芸品の装飾を手続的に生成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) 伝統工芸の調査と装飾モチーフの選定

様々な伝統工芸を比較検討した結果、本研究においては手続化の対象として、幾何学性が顕著に表れている切子や組子の装飾文様を取り上げることとした。

切子は日本の伝統的なカットグラス技法を応用した工芸品である。カットグラスの技法は古今東西で見られ、幾何学的な凹凸による文様表現を特徴とする。伝統的に日本語では「角を落とす」ことを切子と言い、その流れでカットグラスは切子と呼ばれてきた。日本独自の技法としての切子は 19 世紀に江戸と薩摩を中心に発展したとされている。切子には図 1 に見られるように代表的な文様がいくつか存在する。いずれも旋盤加工による直線から構成される幾何学文様である。

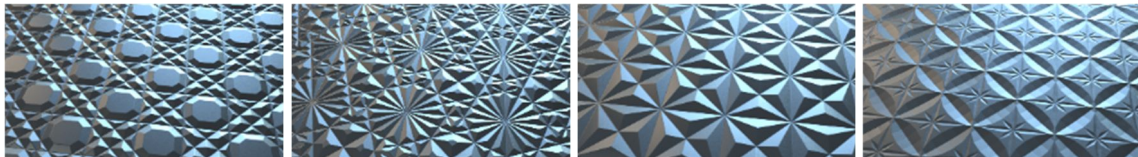


図 1 切子の代表的な文様の例

組子は障子や欄間、襖などの建具の一部を構成する装飾部材で、細くて薄い「組手 (くで)」と呼ばれるパーツを、釘を用いずに構成して文様を組み上げるもので、その制作には熟練した職人技が要求される。組子を規則的に並べる配置パターンは「地組み」と呼ばれ、代表的な地組みとして「正菱」あるいは「三つ組手」と呼ばれる正三角形を基調とするもの、「榊手」と呼ばれる正方形を基調とするもの、「亀甲物」と呼ばれる正六角形を基調とするものに分類される。これは単種類で平面充填ができる正多角形が正三角形、正方形、正六角形のみであるという幾何学的性質と一致している。また、地組みの中に構成される細かい装飾は「葉」と呼ばれ、図 2 に示すように様々な葉が考案されている。

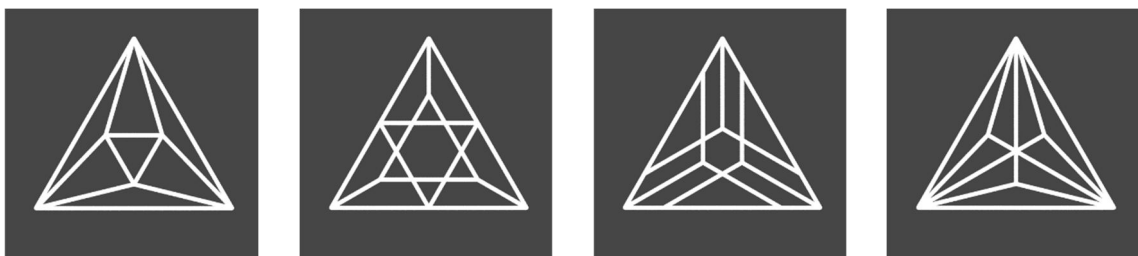


図 2 組子の代表的な文様の例

切子・組子のいずれも、幾何学的な特徴を備えた文様が多く、中には一部で再帰的な要素が見られる例もあることから、本研究ではこれらの文様を L-system という技法を用いて文法的に定義することを試みた。

## (2) L-system

L-system は植物学者である Lindenmayer が考案した生成文法であり、単純なルールで文字列を置き換えていくことにより複雑な結果が得られる手法である。同手法の代表的な応用例として植物の CG 表現が挙げられるが、これは植物に見られる自己相似性というフラクタル的特徴の表現に L-system が適しているからである。L-system では図 3 のように文字列の特定箇所を置き換えていく操作を反復していくことで自己相似を表現でき、また、最終的に得られた文字列を図形描画に置き換えることで再帰的な図案が描ける。

変数、記号	A, B	→	n = 0 : A
定数	なし		n = 1 : AB
初期値	A		n = 2 : ABA
変換ルール	A → B		n = 3 : ABAAB
	B → AB		n = 4 : ABAABABA

図 3 L-system での文字列の置き換えの例

なお、L-system は文字列の展開に応じて図形の生成プロセスを表現しやすいという特徴もあるため、樹木の形状のみならず、樹木が成長する様子を描くアニメーションなどに使用されることも多い。このような特徴から、本研究では特に映像コンテンツ分野にも対応した表現技法として L-system で装飾文様を動的に表現することを試みた。

通常、切子や組子のような幾何学的な文様を生成する場合、幾何形体を分割したり線分要素を複製して規則的に配置したりするのが効率的である。しかし本研究では組子を幾何形体の分割とみなすのではなく、一つの枝分かれの樹木とみなして定義することとした。例えば、原点から放射状に成長して途中で枝分かれする樹木のような文法を定義し、これを装飾モチーフとみなした。また、全体のレイアウトもモチーフを複製配置するのではなく、L-system によって全体定義することで、文様自体が成長（増殖）していく過程を一つの L-system で表現することを試みた。図 4 は実際に L-system のルールを記述して切子の代表的文様「八角籠目」および組子の代表的文様「八重麻の葉」が成長していく過程を連続画像として出力したものである。これらの L-system の文字列変換ルールを軽微に変更するだけで、様々な文様を表現できる。いずれも単体モチーフの場合、L-system の変換ルールはわずか数行で記述可能であることが確認できた。

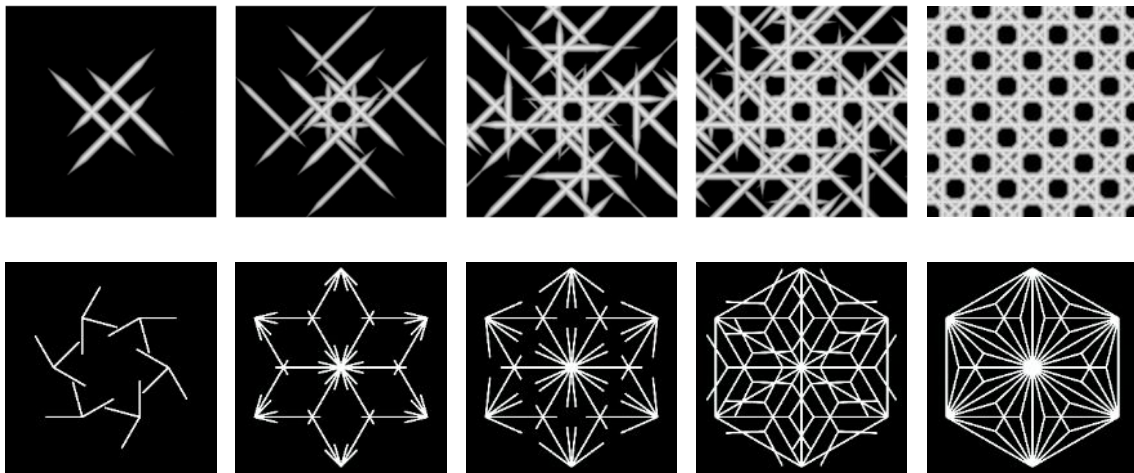


図 4 八角籠目（上段）および八重麻の葉（下段）の出力例

## 4. 研究成果

以上の技法を用い、本技法の応用面を探るために審美的なアート表現への応用を試みた。静止画像としての出力や 3D プリンタを用いた立体出力など様々な技法を比較検討した結果、L-system の効果を最も効果的に表現できるのは映像コンテンツであると考え、最終成果として短編の CG アニメーション作品を制作することとした。映像制作には市販の CG ソフトウェアを用い、そのソフトウェア上で動作する L-system のモジュールに本研究課題で考案した文字列変換ルールを記述している。これにより、パラメータ変更のみで様々な切子のグラスを大量生成したり、組子の文様がランダムに広がっていく様子などを表現している。本作品は国内外の公募展等において極めて高い評価を複数得られた。





図5 CGアニメーション作品『Splendor』(3分15秒)

このように本研究課題においては、実在する複雑な伝統装飾をわずか数行のL-systemのルールで表現できることが確認できた。また、装飾文様だけでなく、その動きも簡潔なルールで記述でき、結果として文様が次第に生成されるアニメーションが実現できた。

L-systemの利点として文様の生成プロセスを容易に組み替えることができる。これをさらに応用すると、職人の加工プロセスに忠実な生成手順も再現可能であると予測できる。例えば実際の切子であればカットを入れる順番も計画的に進める必要があるが、その手順もL-systemとして再現できる可能性が高い。このことは将来的に、伝統工芸のアーカイブ化や教材開発にも役立つ可能性があるほか、複雑な文様の設計支援システムへの応用も期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Joe Takayama
2. 発表標題 Splendor
3. 学会等名 SIGGRAPH Asia 2019, Computer Animation Festival, Electronic Theater (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Joe Takayama
2. 発表標題 Computer-generated Kiriko Glassware using L-systems
3. 学会等名 The 16th International Conference of Asia Digital Art and Design (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Joe Takayama
2. 発表標題 Shooting Stars Session: Algorithmic Ornamentation
3. 学会等名 The 16th International Conference of Asia Digital Art and Design (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高山 穰
2. 発表標題 L-Systemを用いた組子細工の文様表現
3. 学会等名 第4回 ADADA Japan 学術大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

学会賞：The 16th International Conference of Asia Digital Art and DesignにおいてBest Technical Paper受賞、2018年11月22日  
研究成果物の公募展受賞：2019アジアデジタルアート大賞展FUKUOKAにおいてアジアデジタルアート大賞（最優秀賞）、文部科学大臣賞、福岡県知事賞を受賞、2019年2月11日  
研究成果物の公募展受賞：ASIAGRAPH2019において第二部門優秀作品賞受賞、2019年11月3日

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----