

# フラクタル CA パターンを活用したファッションデザイン Fashion Designs Using Patterns of 2D Fractal CAs

好田 由佳<sup>1)</sup> 矢澤 郁美<sup>1)</sup> 香山 喜彦<sup>1)</sup>  
KODA Yuka YAZAWA Ikumi KAYAMA Yoshihiko

## 【要旨】

本研究では、フラクタル構造を持つセル・オートマトン（以下、CA という）により生成されたパターンを活用してテキスタイルデザインを作成し、その布を用いたドレス制作によりファッションショーを展開して、フラクタル CA パターンの美的価値と応用の可能性を明らかにした。フラクタル CA パターンは「フラクタル構造を持つセル・オートマトン」に関する研究の成果の一つであるソフトウェア“フラクタルパターンジェネレータ”で生成した。色の選定は「星空」をイメージし、青系統をベースカラー、ピンクとイエローをアクセントカラーとして使い、16 値のフラクタル CA(レベル 8 : 512×512 ドット)で 9 種類の異なるパターンを選定した。それらをテキスタイルに印刷し、アクティブラーニングとして学生が衣装制作に取り組んだ。ドレスのデザインにもフラクタルの特徴である自己相似性を取り入れ、ポスター制作やファッションショーの背景映像にも生成したフラクタル CA パターンを活用した。結果として、様々な分野に応用が期待されるフラクタル理論をファッションデザイン分野にも活用できることが実証できた。

## 【キーワード】

フラクタル CA, フラクタルパターンジェネレータ, テキスタイルデザイン, ファッションショー

<sup>1)</sup> 梅花女子大学文化表現学部情報メディア学科

<sup>1)</sup> Faculty of Cultural and Expression Studies, Department of Media and Information

## 1.はじめに

### 1-1. 目的および研究動向

本研究では、フラクタル構造を持つセル・オートマトン (Cellular Automaton. 以下、CA という) の理論をテキスタイル分野で活用するためのソフトウェア“フラクタルパターンジェネレータ” (Fractal Pattern Generator. 以下、FPG という) を活用し、生成したフラクタルパターンによりファッションショーを展開し、そのパターンの美的価値を明らかにするとともに、ファッションデザイン関連の授業実践として、プログラミング技術を活用したファッション教育の魅力情報を発信する。

まず、国内外のテキスタイルデザインは、産業界主導で各企業の独自のデザインシステムに負うところが大きいのが現状である。デザイン研究分野においては、2009 年に「アニメシーインタラクションのための動的な変形機能を有するスマートテキスタイル(デザイン計画, インタフェース, デザインマネージメント, デザイン教育, その他, 「想像」する「創造」～人間とデザインの新しい関係～)」[1]が発表されている。しかし、近年、テキスタイルデザインのパターンに関する研究は、ほとんどなされていない。

またファッション教育の分野において、プログラミングを活用した授業実践例としては、筆者らの『「ファッションファンタジーワールド 2016」を通じた アクティブラーニングの実践」[2]が挙げられる。

本研究の中核となるフラクタル CA の応用に関しては、2019 年 10 月に特許を取得した(特許第 6596543 号)。その成果をデザインに活用した実践的な研究はまだないが、その審美性やデータの扱いやすさから、ファッション産業界での製品化が期待される。本研究は、さまざまな分野に応用が期待されるフラクタル理論をテキスタイルデザインとして活用し、ファッションデザインに取り入れる試みである。

### 1-2. フラクタル CA パターン

本研究は、フラクタル構造を持つセル・オートマトンの研究 (「Cellular automata in fractal arrangement」[3]. 以下、第 1 研究という) の成果の 1 つとして生成されたフラクタルパターンを活用する。この第 1 研究では、従来の CA を拡張して自己相似なフラクタル構造を導入し、それをフラクタル CA と呼んでその性質を調査するとともに、応用が期待できる可逆性を持ったフラクタル CA を発見した。CA は非常に単純化された数理モデルであるが、時間の経過とともに複雑な変化を見せるものも

存在し、生命現象や結晶の成長などの自然現象から交通渋滞や災害時の人の動きなど、多くの複雑な現象を理解するためのモデル化（シミュレーション）に応用されている。

第1研究をさらに発展させた研究が、「Fractal arrangement for 2D cellular automata and its implementation for outer-totalistic rules」[4]である（以下、第2研究という）。この研究では、各セルの状態数を増やし、各状態を異なるカラーで表現することによってパターンのカラー化に成功している。フラクタルパターンに関する研究はすでに多数発表されているが、テキスタイルに応用した例は少ない。フラクタルパターンがテキスタイルに応用される可能性を示唆した研究としては「テキスタイルのためのフラクタルパターンの合成と解析」[5]があげられるが、「フラクタルパターンの印象を定量的に解析・分類を行う手法を提案」するにとどまっている。

本研究では、フラクタルパターンのなかでも、第2研究で発見されたカラー化したパターンをフラクタルCAパターンと定義づける。すなわち、フラクタルCAパターンとは、フラクタル理論にCAを融合した研究の成果として構成されたフラクタルCAから生成されるパターンである。ここでは、それをさらにテキスタイルデザインに応用し、授業実践として活用することで、その美的価値が高いことを実証し、応用の可能性を提示する。

## 2. 研究方法

本研究では、フラクタルCAパターンをテキスタイルに応用する方法として、基本システムであるFPGを作成し、それを用いて生成される多くのパターンの中から、美的価値の高いデザインを選定する必要がある。

これまでテキスタイルデザインにおいては、テキスタイルデザイナーやグラフィックデザイナーの制作技術に頼ることが多かったが、FPGを用いることで、目的や用途にあわせたパターンを簡単に生成し、好みのデザインを選択することが可能となる。

選定したフラクタルパターンをプリントしたテキスタイルを用いてドレスを制作し、その造形美を表現する方法として、ファッションショーを展開する。また、フラクタルパターンを用いて宣伝用ポスターを制作する。ファッションショーとポスター制作はアクティブラーニングとして授業で取り組んだ。これらとフラクタルパターンの映像を組み合わせたファッションファンタジーワールド2018を企画し、フラクタルCAパターンの美的価値を情報発信する場とした。

### 2-1. フラクタルパターンジェネレーター (FPG) の構築

まず、FPGの構築については以下のとおりである。

#### ① 2値のFPG

第1研究のために作成したソフトウェアであり、2次元のCAとして最も有名なConwayのライフゲーム[6,7]を含む2値の外部総和型CAに分類されるルールを基本とし、それらを拡張したルール系列から構築されたフラクタルCAを用いてパターンを生成する。

#### ② 改良版FPG

第2研究のために作成したソフトウェアで、セルの状態値を2値から $2^n$ 値( $n$ は整数)に拡張したCAルールを基本とする。本研究で活用するパターンは、そのうち、可逆性を持つ線形ルールを基本としたものである(図1: PC画面画像)。

先ずレベル8(512×512ドット)の16値フラクタルCAを用い、状態値と色との対応は図2のパレットを採用する。色の選定は「星空」をイメージし、青系統をベースカラー、ピンクとイエローをアクセントカラーとして用いている。

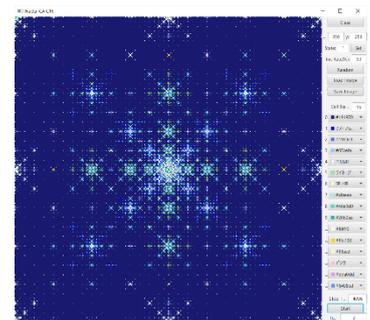


図1. 改良版FPG

### 2-2. テキスタイルデザインの作成

#### ① フラクタルCAパターンの選定

選定の際には、ファッションデザインの造形美のコンセプトを表現できるようにイメージすることが大切である。

選定したパターンは図3(a~i)である。

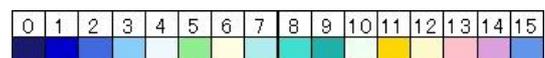


図2. カラーパレット

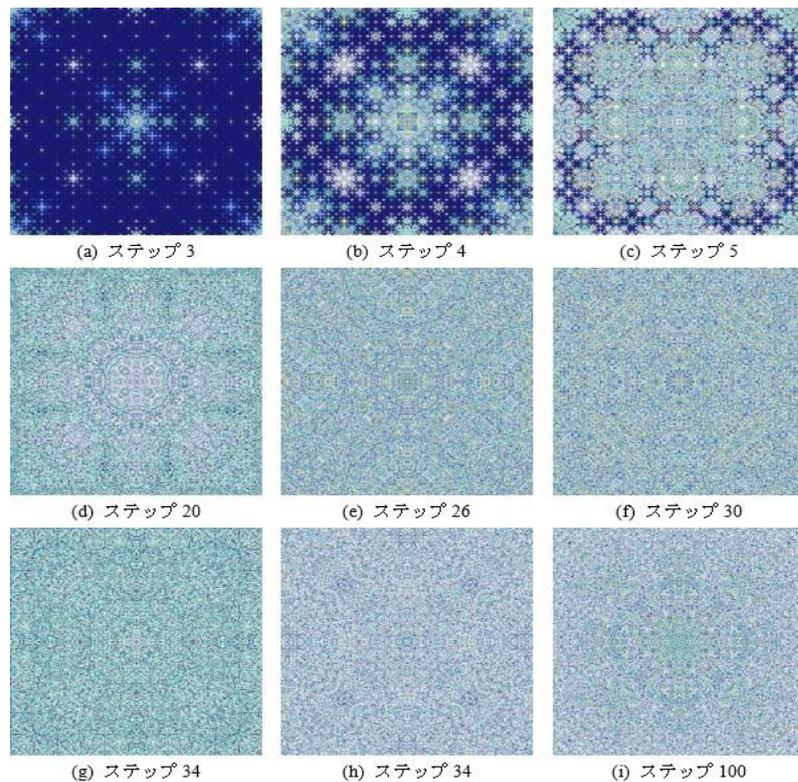


図 3. 16 値フラクタル CA レベル 8(512×512 ドット) で生成されたフラクタルパターン. 状態値 1 を設定した中央のセル (c, d, g, i) もしくは中央と左上端のセル (a, b, e, f, h) を初期配位から, 各図に示された時間ステップ数により生成.

## ② 生地を選定と発注

選定したパターンをテキスタイルにプリントした. 使用したテキスタイルは, タフタ (ポリエステル 100%, 112 cm幅) とオーガンジー (ポリエステル 100%, 122 cm幅) の 2 種類である. タフタの印刷最大幅は約 110 cm, オーガンジーの印刷最大幅は約 115 cmであった. フラクタルデザインは正方形のパターンであり, 上下左右が送り付けられているため, パターンごとにリピート数 (表 1) を決定し印刷した. 総メーター数はタフタ約 25, 3m, オーガンジー17, 3mであった.

発注先は, 文化学園ファッションリソースセンターテキスタイル資料室で, 価格は 68,310 円であった.

表 1. フラクタル CA パターンの印刷時リピート数

図番号	a	b	c	d	e	f	g	h	I
タフタ	3	3	3	2	2	2	2	3	3
オーガンジー		3	3		3		3		3

## 2-3. 衣装制作

衣装制作は, アクティブラーニングの一環として, 梅花女子大学情報メディア学科ファッションビジネスコースの学生 5 名がファッションデザイン関連の授業で取り組んだ.

まず, 学生は事前にフラクタルとは何かを学び, その後, 衣装が本学オープンキャンパスのオープニングイベント「ファッションファンタジーワールド 2018」に活用されることを説明した. そして, そのイベントのコンセプト (後述) を基に各自がデザインを提案した.

## 3. フラクタルを活用したテキスタイルデザインの芸術性

フラクタル性をもつデザインパターンの美的価値については, 一部, 建築デザイン等の芸術作品への応用でその有効性が認識されている[8]. テキスタイルへの応用例はほとんど認められない. しかし, フ

ラクタルパターンの美への応用は、平面構造で印刷も容易なテキスタイルに非常に有効であることが推察される。そこで本研究では、第2研究による改良版 FPG により作成したフラクタル CA パターンをファッションデザインに用いて、その芸術性を検証する。

ここでは、フラクタルパターンをポスターデザインと映像、およびファッションデザインの3種類の方法で活用し、新しい造形美の手法として提案する。

### 3-1. ファッションファンタジーワールド 2018 でのフラクタル CA 活用企画

まず、ファッションファンタジーワールド（以下、FFW という。）について説明する。FFW は、本学オープンキャンパスのオープニングイベントとして情報メディア学科が企画した舞台パフォーマンスである。2016 年度より開催し、2018 年度で3回目となる。ファッションビジネスコースとゲーム・デザインコースのコラボ企画として、舞台上ではファッションショーを、スクリーン上ではプログラミングを活用した映像を展開した。

FFW の企画趣旨としては以下の3点が挙げられる。

- ①学術的な要素を取り入れる
- ②学生のアクティブラーニングの一環とする
- ③学科の学びを高校生に伝える内容とする

上記に基づき、学術的な要素として第1研究の成果であるフラクタル CA パターンを、アクティブラーニングとしてファッションデザイン実習で作品を制作し、高校生に伝えるためのファッションショー形式で表現した。

FFW2018 のテーマは、「光と布のシンフォニー ～フラクタルデザインの世界～」とし、キャッチコピーを「情報メディア学科が高校生に贈る”夢を見つけるメッセージ”～満天の星空を見上げて～」として、2018 年 7 月 22 日（日）梅花女子大学澤山記念館で開催した。「光」はフラクタル CA パターンの映像を、「布」はそのテキスタイルをイメージした。

ショーの冒頭では、フラクタル性について、高校生向けに解説を挿入した。つぎつぎに変化するフラクタル CA パターンの美しい映像を満天の星空と重ね、その美の世界を表現した構成とした。

### 3-2. FFW2018 でのフラクタル CA 活用ポスターの制作

フラクタル CA パターンは、フラクタル・リズムをもつ自己相似形である。それは複雑なデザインのなかにデザインの基本であるリズムとリピティションが組み込まれたデザイン形体であり、第2研究においてはカラー化に成功し、色彩の美しさもあいまって、さまざまな分野での活用が期待される。ここでは、まず、ポスターデザインへの応用を試みた。

アクティブラーニングの一環として、情報メディア学科が主催する広告コンペティションのテーマを、FFW2018 宣伝ポスターデザインとして、学科学生の自由応募形式でポスター作品を募集した。広告コンペ応募要領は以下のとおりである。

#### ①作品規定

- ・フライヤーサイズ：A4、フルカラー（4色）片面印刷
- ・推奨ソフト：adobe illustrator, photoshop, word, powerpoint
- ・写真を使用する場合は実寸で解像度 300dpi 以上

#### ②ポスターに明記する内容

梅花女子大学オープンキャンパスオープニングイベント

情報メディア学科「ファッションファンタジーワールド 2018」

「光と布のシンフォニー ～フラクタルデザインの世界～」

情報メディア学科ファッションビジネスコース×ゲーム・デザインコースコラボ企画

日時：2018 年 7 月 22 日（日）10:30～

会場：澤山記念館講堂

主催：梅花女子大学情報メディア学科

後援：梅花女子大学情報メディア学会

梅花女子大学ロゴ

広告コンペティション（情報メディア学科広告コンペ in 茨木ガーデンキャンパス 2018）の応募数は 25 であった。2018 年 6 月 13 日のプレゼンテーションには 12 名が参加し賞を競った。

このコンペティションの最大の特徴は、ポスター作品に第2研究の成果であるフラクタル CA パターンを用いたことにある。ポスターの背景として用いた作品（図 4）や、ドレスの柄に用いた作品（図 5）等、創意工夫がこられたポスターが出品された。

コンペティションで最優秀賞を受賞した作品は図 6 である。ファッションショーのモデルをイメージしたシルエットのドレスにフラクタル CA パターンを盛り込み、美しい図柄を活かしたデザインが構成されており、フラクタル CA パターンがポスターデザインへ活用された成功事例である。



図 4. フラクタル CA パターンを背景に活用



図 5. ドレスの柄にフラクタル CA パターンを活用



図 6. FFW2018 に採用されたデザイン



図 7. ドレスのデザイン画と合成させたフラクタル CA パターン映像

### 3-3. FFW2018 でのフラクタル CA 活用の映像

本研究の契機となった第 2 研究のフラクタル CA パターンを、ショーの冒頭にビデオで 36 秒間スクリーン上に投影した。FFW2018 の目的の一つは、このデザインの美的価値が広く認知されることにある。大スクリーン上でつぎつぎに変化するフラクタル CA パターンは、ファッションショーの舞台背景のみならず、映像効果が必要となる様々な場面での活用が期待される。図 7 はフラクタル CA パターンの中央にドレスのデザイン画を合成させた映像である。

今回のショーのキャッチコピーを「情報メディア学科が高校生に贈る”夢を見つけるメッセージ”～満天の星空を見上げて～」とし、フラクタル CA パターンの映像を流している間に、学生が舞台上から高校生に向けてメッセージを読み上げた。以下にそのメッセージを示す。

満天の星空の世界へ

みなさんは、将来どんな自分になりたいですか？

空を見上げれば、その答えが見つかるかもしれません。

きらめく星はみなさんをいつも照らしています。

夢が 1 つなんて誰がきめたのでしょうか。

星の数ほど夢はあるのです。

満天の星空を見上げれば。

美しいフラクタル CA パターンの映像を満天の星空の世界にみたと、ショーを展開した。この映像によりショーを効果的に演出することができ、また、観客にこのデザインの美的価値を体感してもらうことに成功した。

なお、今回の映像は青系統を基調とした 16 色のカラーを用いたが、改良版 FPG は配色を簡単に変更できるので、制作する映像のコンセプトに従って、異なるイメージを創り出すことが可能である。

### 3-4. FFW2018 でのフラクタル CA 活用のファッションショー

ドレスのデザインよりもテキスタイルの美しさを演出するために、フラクタル CA パターンがプリントされたオーガンジーのテキスタイルを手に持った学生 2 名によるバレエのパフォーマンスを導入部分に用いた (図 8)。

次に、学生がデザインしたドレスをモデルが着用して披露した。

デザインコンセプトは、フラクタル CA パターンのテキスタイルを美しく魅せる形状であるとともに、フラクタルデザイン概念をドレスに表現するために、一つのユニットを繰り返すレペティションをドレスの部分に取り入れ、全体がフラクタルデザインを連想させる形状となるように指導した。図 9 は図 3a, b のパターンをテキスタイルに用いたドレスである。スカート部分にバルーンシルエットをユニットとした相似性をもったデザインとなっている。図 10 は図 3d, f のテキスタイルを組み合わせ、スカート部にラッフルを繰り返すことで相似性を持たせたデザインとなっている。ショーのラストシーンでは 6 点のドレスが勢ぞろいし、フラクタル CA パターンの美しさを最大限に表現した。このように、多様なパターンを活かしたデザインバリエーションで、その美的価値の有効性を実証した。



図 8. オーガンジーに印刷したフラクタル CA パターン



図 9. スカート部にバルーンシルエットの相似性を表現したドレス



図 10. スカート部にラッフルシルエットの相似性を表現したドレス



図 11. フラクタル CA パターンテキスタイルを用いた学生作品



図 12. フラクタル CA パターンのテキスタイルを用いたネックレス

#### 4. 結論

フラクタル理論の CA への応用からもたらされたフラクタル CA パターンが持つ美的価値の有効性は、FFW2018 で情報発信することができた。今後は、このパターンのファッションやインテリア産業での実用化をめざす。そこで、本研究で用いたテキスタイルが、より具体的な分野でどのように活用できるのかを紹介する。図 12 は図 3c のテキスタイルを用いて作成されたネックレスのサンプルである。このようにフラクタル CA パターンは、クッションやテーブルクロス、カーテン等への応用も十分期待されるデザイン性を内包しているといえるだろう。

今後の課題として、カラーバリエーションの見本帳を制作することで、デザインの専門的な知識を持たない利用者が FPG を有効活用できると考えられる。また、第 2 研究では可逆なルールからのパターン生成を基本としているが、非可逆なルールや非対称なパターンからも美的価値が高いデザインが生成される可能性もあり、さらに FPG の改良版をすすめ、テキスタイルデザインへの活用を推し進めていきたい。

#### 謝辞

本研究は、梅花女子大学 2018 年度「プロジェクト研究助成」を受けました。ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 脇田玲, 上野道彦, アニマシーインタラクションのための動的な変形機能を有するスマートテキスタイル(デザイン計画, インタフェース, デザインマネージメント, デザイン教育, その他, 「想像」する「創造」～人間とデザインの新しい関係～), 第 56 回春季研究発表大会 G14 Living Textile : A Smart Textile with Dynamic Deformation for Animacy Interaction, 日本デザイン学会, 280-281, 2009.
- [2] 矢澤 郁美, 好田 由佳, 香山 喜彦, 「ファッションファンタジーワールド 2016」をとおしたアクティブラーニングの実践, 梅花女子大学文化表現学部紀要, 13, 63-70, 2017.
- [3] Cellular automata in fractal arrangement, Y. Kayama, Artificial Life and Robotics 23.3, pp. 395-401, Springer, 2018.
- [4] Y. Kayama, Y. Koda, I. Yazawa, Fractal arrangement for 2D cellular automata and its implementation for outer-

- totalistic rules, Cellular Automata 13<sup>th</sup> International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, ACRI 2018 , pp.328-339, 2018.
- [5] 坂本武士, 金谷一郎, 佐藤宏介, テキスタイルのためのフラクタルパタンの合成と解析, システム制御情報学会 研究発表講演会講演論文集 SCI06(0), 1-1, 2006.
- [6] M. Gardner, *Mathematical games*," Scientific American, vol. 223, pp. 102 – 123, 1970.
- [7] E. R. Berlekamp, J. H. Conway, and R. K. Guy, *Winning Ways for Your Mathematical Plays*. Academic, New York, 1982.
- [8]三井直樹, 建築デザインにおけるフラクタル性の研究 1, デザイン学研究, 140-141, 2000.