フーリエ変換を用いた斑柄にステップ送りのあるデザインへの展開方法

株式会社 島精機製作所 グラフィックシステム開発部 古金谷圭三・藤崎浩孝

和歌山大学システム工学部 藤垣元治

一般社団法人 モアレ研究所 森本吉春

Designing Method for Seamless Pattern of Spotted Image with Step Repeat by Using Fourier Transform

Keizo Koganeya^{*1}, Hirotaka Fujisaki^{*1}, Motoharu Fujigaki^{*2}, and Yoshiharu Morimoto^{*3}

^{*1} Graphic System Development Div., Shima Seiki Mfg., Ltd., 85 Sakata, Wakayama 641-8511, Japan

^{*2} Faculty of System Engineering, Wakayama University, 930 Sakaetani, Wakayama 640-8510, Japan

^{*3} Moire Institute Inc., 2-1-4-804, Hagurazaki, Izumisano-shi, Osaka 598-0046, Japan

Abstract : In textile design, it is often necessary to make a seamless pattern with repeat. The pattern can be designed by using a computer software. By the way, in the case of the geometric design such as the spotted image, the making seamless pattern requires manipulation while considering the continuity of pattern from top to bottom and from side to side. After the inverse conversion is applied only to the areas of low frequency by FFT, the converted image has the continuity from top to bottom and from side to side. This paper proposes the method of making the seamless pattern with repeat by using this characteristic and some image processing.

(Received 10 August, 2010 ; Accepted 18 November, 2010)

1. 緒 言

テキスタイルデザインにおいて、工業製品のプリント生地などでは、単位ユニットの柄(基本柄)が連続になるように設計されている。それは、生地製品が、長さが50m、幅が2mなどの規格なので、基本柄を上下左右にリピートして対応しているからである。さらに、基本柄のリピートが簡単に見分けられないように、ハーフステップなどのステップ送りと言われる技法が用いられる[1,2]。

このような送りの技法も含めた基本柄の作成については、専用ソフトもあるが、一般のペイントソフトを使って、素材をマニュアルでレタッチしたり、個々のモチーフを配置したりする手法が示されている[3]。

上記の方法で、例えば迷彩柄のような幾何学的な図案を元に基本柄を作成する場合には、柄の上下左右が連続するようにマニュアルでの描画作業が必要になる。このように、幾何学的な柄をリピートさせるには手作業が多くなり、効率よくステップ送りのある図案を制作することは困難であった。

ところで、FFT(Fast Fourier Transform)は、画像処理における周波数フィルタリングとしてよく用いられていて[4,5]、エンボス加工画像、コントラスト強調画像の処理

などに使われている[6]。さらに、フーリエ変換の特徴として、低周波成分のみを逆変換すると、上下左右が連続する、いわゆるリピートした図案が得られる[7]。

しかし、フーリエ変換の低周波成分を使う手法では、上下左右に連続する四方送り(タイルパターン)の作成には利用できるが、そのままではステップ送りの図案には適用できず、これまでステップ送りの図案作成を示した例はみられない。

本研究では、この特徴を利用して、斑(迷彩)柄のような幾何学柄に対して、フーリエ変換を利用したステップ送りの図案(基本柄)への展開方法を提案する。

2. 四方送りとステップ送りの図案

四方送りの図案をFig.1に、ステップ送り(縦ハーフステップ)のある図案をFig.2に、それぞれ示す。それぞれ、左側が基本柄であり、右側の展開柄の点線で囲まれた部分と一致している。

Fig.1の四方送りの図案の場合、柄は上下左右に直接連続していて、リピートが比較的簡単にわかる、という短所がある。Fig.2のステップ送りの図案の場合、柄が縦もしくは横方向に、その一辺の長さの一定比率分だけシフ

Fig. 1 Example for tile pattern.

Fig. 2 Example for stepped repeat.

Fig. 3 Fourier transform.

トした状態で接続していてリピートがわかりにくく、ダイナミックに見えるという特徴がある。

3. フーリエ変換による四方送り図案の作成

3.1 フーリエ変換

画像の加工、編集等の処理でよく使われるFFTについて、その画像平面と周波数平面とは、Fig.3のように対応づけられる[7]。

なお、関数 $f(x,y)$ のフーリエ変換式と逆フーリエ変換式はそれぞれ(1)式、(2)式で表わされる。

$$G(\omega_x, \omega_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-i2\pi(\omega_x x + \omega_y y)} dx dy \quad (1)$$

$$f(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} \left\{ G(\omega_x, \omega_y) e^{i2\pi(\omega_x x + \omega_y y)} \right\} d\omega_x d\omega_y \quad (2)$$

フーリエ変換は、Fig.3 (a)で示すような画像データを、(1)式で積分してFig.3 (b)に示すような周波数データに変換する。また、逆フーリエ変換は、周波数データを(2)式で積分して、画像データに逆変換する。

上下左右に図案の連続性を得るには、低周波の領域だけを利用する。したがって、画像をフーリエ変換で周波数データに変換、その周波数データに対してローパスフィルタをかけて、画像データに逆変換する。すなわち、Fig.3 (b)の原点近くの領域のデータだけを逆変換する。

3.2 四方送り図案の作成

フーリエ変換を用いた四方送り図案作成用の元の図案は、斑を模した図案である。なお、画像サイズはFFTに適したサイズとした。それを3.1節に示したフーリエ変換、ローパスフィルタ、逆変換、さらに2値化処理を行ったそれぞれの処理画像を、Fig.4に示す。ローパスフィルタとして、Fig.4 (b)に示すように $\omega_x=50$ 、 $\omega_y=50$ を閾値とする円形領域内側を残すフィルタを用いた。また2値化処理は画像全体の平均明度値を閾値として行った。

さらに、Fig.4 (a)に示す元の図案と、Fig.4 (d)に示す出来上がりの図案を、上下左右にリピートした展開図をFig.5およびFig.6にそれぞれ示す。

Fig.5から、Fig.4 (a)に示した元の図案は、上下左右に連続性がなかったことがわかる。Fig.6の展開図からは、Fig.4 (d)に示すFFTを使って処理した図案の柄が上下左右に連続していることがわかる。しかしながら、この図案とFig.4 (a)に示す元の図案を比較すると、元の図案の細かく変化しているところは省かれている。

このような元の図案から、FFTを用いてオリジナルの細かい部分が省かれた上下左右に柄が連続する四方送り図案が作成できることが示せた。なお、逆変換直後のFig.4 (c)の(展開)図案も上下左右に連続性がある。

Fig. 4 Image processing by using FFT and binarizing.

Fig. 5 Original patterns in sequence.

Fig. 6 Seamless pattern with tile step.

4. ステップ送りのある図案の作成

ここで用いた元の図案は、斑を模した縦横比2:3の画像である。これから、ステップ送りのある図案の作成、展開までの処理画像を、Fig. 7 (a)~(l)に示す。

(e) Fourier power spectrum.

(f) Filtering.

Fig. 7 Procedure of image processing for stepped repeat.

展開図(i)をみれば、斜め方向に柄が連続していて、出来上がりの図案(k)がFig.2と同じ、縦ハーフステップ送りになっていることがわかる。図案処理における基本的な工程は、3章で示されたのと同様に、フーリエ変換(e)、ローパスフィルター(f)、逆変換(g)および2値化処理(h)であるが、展開図(i)に見られるような、ステップ送りをつけるための平行四辺形への変形((b), (j))とカットアンドペースト処理((c), (k))と、FFTを行うための画像サイズのリサイズ処理((d), (i))を、それぞれ、その基本的な工程の前後に付加している。

なお、2値化処理を行う直前とその段階((g), (h))では、図中の対になった矢印で示されるように、図案は上下左右に直接連続した四方送りの状態である。この後、2組の矢印に注目すると、平行四辺形への変形、カットアンドペースト処理((j)(k))で、ステップ送りがつく。ここで、左右に柄が連続する位置が、平行四辺形に変形した分量だけ上下にシフトしていることがわかる。

ここで示した処理工程の中で、平行四辺形への変形((b), (j))分量が、送りのステップ分量に相当している。したがって、この分量を制御すれば、辺の長さの1/4、1/3などの比率のステップ送りにも対応できる。また、この平行四辺形への変形を、上下から左右方向に変えれば、送りの方向は、縦から横方向に変わる。

5. 結 言

斑柄のような幾何学的な図案を元に、FFTによる画像処理、パース(平行四辺形への変形)、リサイズ、2値化処理などを組み合わせることで、オリジナルのイメージを

生かした、ステップ送りの図案が、簡単に作成できることが示せた。また、パースとカットアンドペーストの方向と分量によって、送りの方向と分量を変化できることが示せた。

このようにフーリエ変換にいくつかの画像処理を組み合わせることで、元のイメージを生かした送りのある多様な基本柄が、比較的簡単に作成することが可能になると考えられる。

謝 辞

本展開方法を検討するにあたり、送り付けの手法及び図案の提供を頂いた、株式会社島精機製作所、トータルデザインセンター、木村裕美子チーフに謝意を表す。

文 献

1. Naoki Sakai, "Tekisutairu no Dezain", Bijutu Shuppansha (1978).
2. "Nihon no Somegata", Seigensha (2004).
3. Yuuha Iizuka, *Costume and Textile*, **8**, 1 (2007).
4. Mikio Takagi, Haruhisa Shimoda, "Shinpen Gazou Shori Handobukku", Toukyoudaigaku Shuppankai (2004).
5. Seiki Akama, "Gazou Shori no Kiso", Gihoudou Shuppan (2006).
6. Hironao Yamada, "Zukai Zatsugaku Dejitaru Gazou Shori", Natumesha (2006).
7. Atsushi Nakamura, Motoharu Fujigaki, Yoshiharu Morimoto, "21th NCP Conference, JSME" p.67 (1997).