

# 織物に特化した閾値サブマトリクスによる ジャカード柄生成手法の研究開発 (第2報)

五十嵐哲也・豊浦 正広\*・由井 愛麗\*・茅 暁陽\*・秋本 梨恵

## Constrained Image Binarization for Generating Jacquard Fabric (2nd Report)

Tetsuya IGARASHI, Masahiro TOYOURA\*, Eri YUI\*, Xiaoyang MAO\* and Rie AKIMOTO

### 要 約

ジャカード織物の組織パターンを織物に特化した画像処理によって生成する技術を開発するため次の研究を行った。(1) 第一報<sup>1)</sup>で提案した、織物組織の領域境界で発生するアーティファクトの低減技術の改善手法として、新たにグラフの枝の重みに誘目性評価を加えた誘目性評価法を開発し、精度を高める結果を得た。(2) 拡張誤差拡散法<sup>1)2)</sup>によって生成する織物組織と、通常の織物組織を組み合わせて織物組織パターンに変換するプログラムを実装したソフトウェア Photo2Fabric を開発し、被験者実験によりその有用性を確認した。(3) グラフカット<sup>4)</sup>に基づくテクスチャ生成プログラム KUVA<sup>5)</sup>を用い、織物組織をベースにした従来の手法に加えて簡易に文様状の閾値サブマトリクスを生成する手法を考案した。

### 1. 緒 言

山梨県織物産地の特長である高密度なジャカード織は、緻密で複雑な意匠を生地上に表現することが強みであるが、同時に複雑な設計工程の低コスト化・省力化が課題であり、また他産地との差別化をもたらし得る技術開発が求められている。そこで写真調表現など高精細な柄表現を容易に実現するため、織物組織をベースに開発した閾値サブマトリクスによる織物組織パターンの作成方法を開発した<sup>3)</sup>ことが本研究の前提となる。本研究ではこの技術をさらに高度化するため、この技術のキーポイントとなる閾値サブマトリクスをより織物に特化して精度を高めること、また意匠性の高い文様状パターンによる閾値サブマトリクスを簡易に生成することを目的として研究開発を行った。

なお、ここでは平織、綾織などの基本的な織物組織と区別して、ジャカード織物として柄を表現するために生成された織物組織の集合体を織物組織パターンと呼ぶこととする。

第一報<sup>1)</sup>では、ジャカード織物で連続的な階調や微細な柄を表現するため織物に特化した閾値サブマトリクスによる画像の二値化技術である織物ディザ法の課題を解決し高度化するため、単調な階調表現での過剰な規則性を低減するノイズディザ法、また入力画像の微細な構造の再現を高精度化する拡張誤差拡散法を開発し、それらの有用性を試織により示した<sup>1)2)</sup>。

また、第一報では、領域分割したデザイン画の領域毎にサイズや種類が異なる複数の織物組織パターンを適用したときに領域の境界線で生じるアーティファクト(織物デザインの現場の用語で“ぶつつき”)の発生をグラフカット<sup>4)</sup>による境界線の再定義により低減するための手法を提案し(以降、グラフカット法とする)、その有効性を示した<sup>1)2)</sup>。

本報では、次の3点について研究を行った。(1) 第一報<sup>1)</sup>で提案したグラフカット法の精度を高める試みとして誘目性に着目し、新たにグラフの枝の重みに誘目性評価を加えた誘目性評価法を開発し、その有効性を試織により検証した。(2) 第一報<sup>1)</sup>で提案した拡張誤差拡散法などの二値化技術を、織物デザインの現場で活用できる技術として落とし込むことを想定したアプリケーションソフトのプロトタイプを開発し、その有効性を検証した。(3) 織物組織をベースにした従来手法以外の閾値サブマトリクスの生成手法として、グラフカット<sup>4)</sup>を活用して任意の画像をシームレスに展開するテクスチャ生成プログラム KUVA<sup>5)</sup>を用い、リピートを持たない文様状パターンを入力画像とし、ジャカード織物に適用可能な条件を備えた閾値サブマトリクスに変換する手法を開発した。

### 2. 課題と解決法(1):境界処理

#### 2-1 異なるパターン領域間の境界処理

ジャカード織物では領域分割したデザイン画の領域ごとに異なる織物組織を配置することで織物組織パターン

\* 国立大学法人山梨大学

を生成するが、このとき領域同士の境界でアーティファクトが生じることがある。従来は人手によって一つ一つを画素単位で修正するという手間のかかる作業によって処理が行われており、コンピュータによる自動処理は大きな意義を持つ。

そこで、本研究では第一報において、一般的な画像に対して領域間境界をシームレスにつなぐために用いられるグラフカット<sup>4)</sup>を応用し、アーティファクトの発生を抑えられるよう一定の範囲内で領域間の境界線を決定する手法（以降、グラフカット法とする）を開発した。この概念図を図 1 に示す。

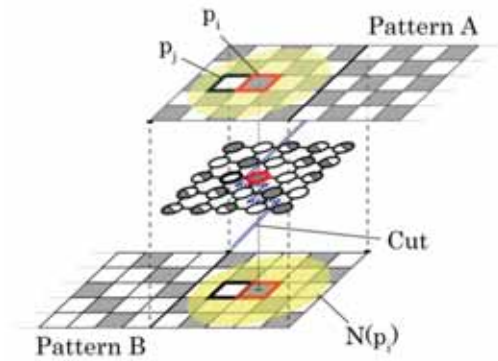


図 1 グラフカットによるパターン境界位置決定

$$w(p_i, p_j) = k((p_i^A - p_i^B)^2 + (p_j^A - p_j^B)^2) + (1-k) \sum_{x \in N(p_i) \cup N(p_j)} (p_x^A - p_x^B)^2 \quad (1)$$

この手法を図 1 と式(1)により解説する。まず図 1 の異なるパターン A, B による隣接した領域が一定幅で重なり合った境界を想定した。そして隣接する各画素（図 1 の  $p_i, p_j$ ）をノード、隣り合う画素同士の差分の A, B 両パターンそれぞれの和を枝の重みとするグラフを想定した。これは式(1)の第 1 項に相当する。なお式(1)において、 $p_i^A, p_i^B$  はパターン A, B における画素  $i$  の画素値であり、 $p_j^A, p_j^B$  はパターン A, B における画素  $j$  の画素値である。また図 1 の  $N(p_i)$  は、画素  $p_i$  の近傍画素の集合を示しており、式(1)の第 2 項にあるように各画素だけでなく、近傍画素のパターン A, B での差分も枝の重みとして考慮することで、最もアーティファクトの発生が少ない新たな境界を探索することを意図している。式(1)の  $k$  は  $0 \leq k \leq 1$  となる任意の値とする。

しかし、グラフカット法ではアーティファクトを上手く除去することができない場合があった。その原因として、従来手法では画素単位でのパターンの規則性しか考慮していなかったことが挙げられる。そこで本報では、

新たに誘目性に着目し、これをグラフカット法と組み合わせる手法を提案する。

## 2-2 誘目性によるグラフの枝の重み設定

誘目性とは、人の目を引き付ける度合のことである。織物の模様において、周囲と比べて明るかったり暗かったりする箇所は誘目性が高くなり、その場所は白黒の塊状のアーティファクトとなってしまふ。その一例を図 2 に示す。

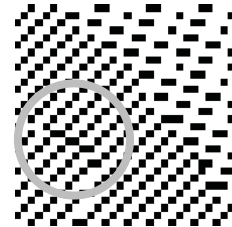


図 2 誘目性が高いアーティファクトの例

グレーの円で示す箇所ではパターン同士の境界付近において周囲と比べ暗くなってしまっている場所が見られ、その場所は黒い塊状のアーティファクトとなってしまっていることが確認できる。

このようなアーティファクトが形成されてしまうことを回避するためには、誘目性の高さを評価し、誘目性が高くないような位置に新たな境界を設定する必要がある。新たに提案するグラフの枝の重みの計算式を式(2)に示す。

$$w'(p_i, p_j) = k_1 \left\{ (p_i^A - p_i^B)^2 + (p_j^A - p_j^B)^2 \right\} + k_2 \left\{ (\overline{p_i^A} - \overline{p_i^B})^2 + (\overline{p_j^A} - \overline{p_j^B})^2 \right\} + \frac{1}{2} k_3 \left\{ \begin{aligned} &(\overline{p_i^A} - p_i^B)^2 + (p_i^A - \overline{p_i^B})^2 \\ &+ (\overline{p_j^A} - p_j^B)^2 + (p_j^A - \overline{p_j^B})^2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式(2)において、 $(p_i^A), (p_i^B)$  はパターン A, B にガウシアンフィルタをかけてぼかした時の画素  $i$  の画素値であり、 $(\overline{p_i^A}), (\overline{p_i^B})$  はパターン A, B にガウシアンフィルタをかけてぼかした時の画素  $j$  の画素値である。 $k_1, k_2, k_3$  は各要素の任意の重み係数であり、 $k_1 + k_2 + k_3 = 1$  とする。実験では  $k_1 = k_2 = k_3 = 1/3$  とした。

式(2)の第 1 項は、従来のグラフカットの枝の重みの式である。第 2 項は、広範囲でのパターンの規則性を考慮するための項である。図 3 に第 2 項の概要を示す。

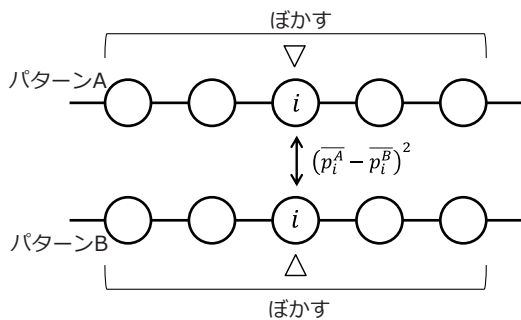


図 3 広範囲でのパターンの規則性の考慮

広範囲でのパターンの規則性を維持させるために、パターン A、B のパターン生成規則が一致するような場所を境界として設定したい。故に、パターン A、B 内のある画素に対し、近傍画素も一致するような場所を境界として設定する必要がある。そこで第 2 項では、パターン A、B をガウシアンフィルタでぼかして画素  $i$  の近傍画素情報を持った  $(p_i^A)$ 、 $(p_i^B)$  の差分を出すことで、パターン規則の違いを評価している。また、枝はノード間に張られているため、隣接画素  $j$  に対しても同様の計算を行い、それぞれの差分を足し合わせている。この値が小さいほどそれぞれのパターン規則が一致し、パターンが崩れにくくなり、その場所を境界としてもアーティファクトが形成されにくくなる。

第 3 項は、誘目性を考慮するための項である。図 4 に第 3 項の概要を示す。

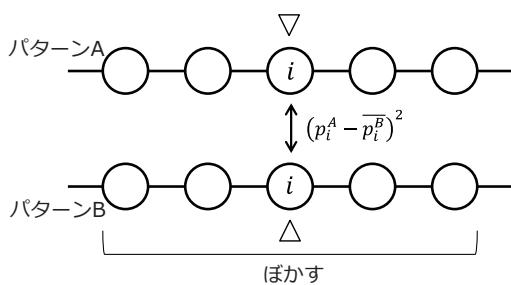


図 4 誘目性の考慮

誘目性が高くないような境界を設定するために、片方のパターンの画素がもう片方のパターン内において目立たないように場所を境界として設定する必要がある。そこで第 3 項では、パターン A 内の画素  $i$  の画素値  $p_i^A$  と、パターン B をガウシアンフィルタでぼかすことで画素  $i$  の近傍画素情報を持った  $(p_i^B)$  との差分を出すことで、パターン A 内の画素  $i$  がパターン B 内においてどれだけ目立つか評価を行うこととした。また、パターン B 内の画素  $i$  とパターン A についても同様な評価を行い、隣接画

素  $j$  に対しても同様の計算を行って、それぞれの差分を足し合わせている。この値が小さくなるほど誘目性が小さくなり、その場所を境界に設定してもアーティファクトが形成されにくくなる。

このようにして求められた値をグラフの枝の重みとして設定し、グラフカットにより枝の重みの総和が小さくなるような場所を探索することで、アーティファクトが形成されにくい境界が求められると考えられる。

### 3. 課題と解決法(2)：領域分割への対応

#### 3-1 従来技術の課題：単一パターンによる弊害

本研究の元となった織物ディザ法では、織物組織をベースとした閾値サブマトリクスにより、入力画像の高精細な再現を可能とした。また本研究の第一報で提案しその有効性を示したノイズディザ法では、織物ディザ法の課題であった単調な階調表現での過剰な規則性の解消を実現し、また拡張誤差拡散法では、入力画像のさらに微細な構造の再現を高精度化することを実現した。しかし、これらはいずれも単一の閾値サブマトリクスを原型としているため、この手法だけを用いて織物全体を制作したとき、単調で平面的な印象を与えてしまうことが課題として挙げられる。ここで、これら第一報で提案した織物ディザ法、ノイズディザ法、拡張誤差拡散法を合わせて拡張織物ディザ法と呼ぶこととする。



A 入力画像



B 伝統的領域分割法の一例



C 拡張織物ディザ法の一例 (拡張誤差拡散法)

図 5 拡張織物ディザ法と伝統的領域分割法



一方、一般的なジャカード織物は多くの場合、領域分割されたデザイン画のそれぞれの領域に複数の異なるサイズ、パターンを持つ織物組織が配置されることで、領域ごとの光沢や凹凸感の違いを生み出し、その違いが適切に表現されることでジャカード織物特有の美しさを実現する。ここではこの手法を便宜的に伝統的領域分割法と呼ぶ。拡張織物デザ法と伝統的領域分割法の違いについて図5に例を示す。

図5で示した織物組織のうち、Cの拡張誤差拡散法によるものでは、入力画像Aの階調や微細構造については優れた再現性を示しているが、織物組織の違いによるコントラストという側面から見ると、Bの伝統的領域分割法によるものに比べて劣っている。その反面、Bでは階調や微細構造の再現性においてCの拡張誤差拡散法より劣っていることが見て取れる。

### 3-2 Photo2Fabricの開発

前項で述べた弊害を克服し、拡張織物デザ法と、伝統的領域分割法、二つの手法のそれぞれの優れた点を同時に実現するためには、領域分割された入力画像に対して、サイズやパターンなど異なる条件による拡張織物デザ法を適用することが適当であることが推測できる。それによって前項で述べた課題を解消するだけでなく、伝統的な織物デザインの技法では不可能な新しい表現を得ることができると考えられるが、これまでのジャカード織物デザインのためのアプリケーションではそのような機能を実装したものはなかった。

そこで、ジャカード織物デザインツールとしてのプロトタイプシステム Photo2Fabric を開発した。そのインターフェースを図6に示す。

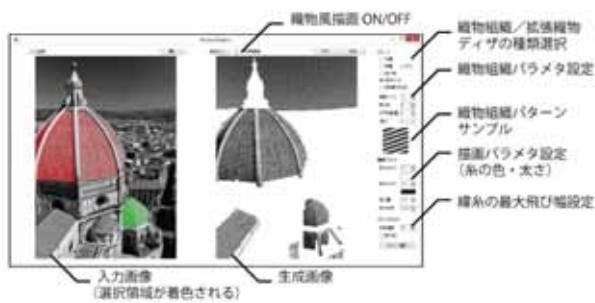


図6 Photo2Fabricのインターフェース

Photo2Fabricは、入力画像と、その領域分割を示した画像(以降、label画像とする)の2つを入力画像とし、任意の領域に対して織物三原組織と、第一報で提案した織物デザ法、拡張誤差拡散法を適用することができる。Photo2Fabric上で生成することのできる織物組織の種類を、図7に例示する。また経糸・緯糸の色および太さを反映して、実際の織り上がりに近い画像を描画する機能を備え

ており、ユーザは対話的に織り上がりイメージを確認しながらデザイン作業を行うことができる。この織り上がりイメージを図8に示す。Photo2Fabricを用いて織物組織パターンを生成し、製織するまでの作業フローを表1に示す。

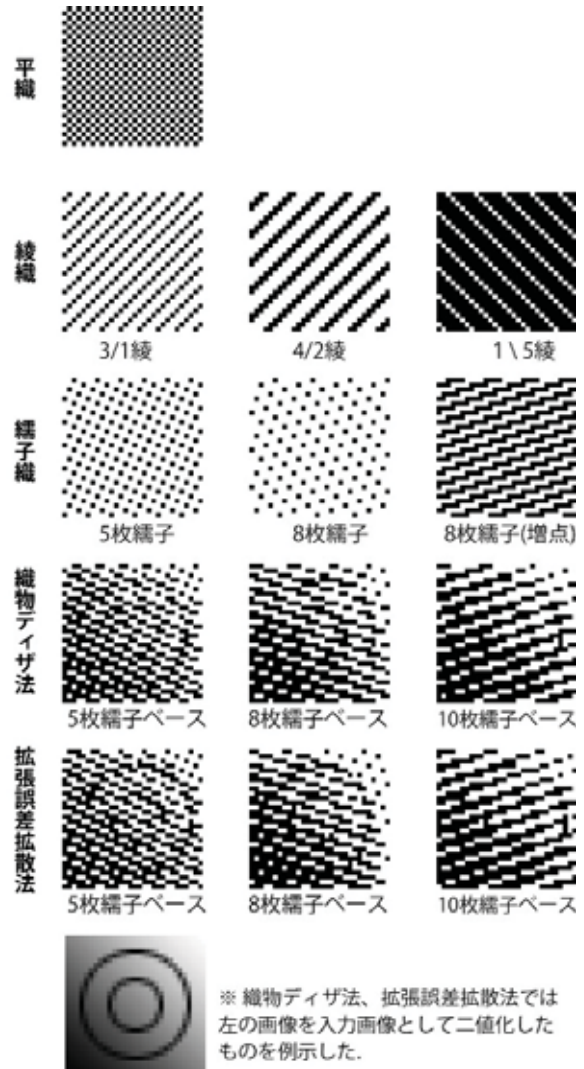


図7 Photo2Fabricで生成可能な組織パターン



図8 Photo2Fabricによる織り上がりイメージ

表 1 Photo2Fabric の作業フロー

<b>A</b>	A-1 入力画像の作成	
	A-2 入力画像の領域分割を指示する label 画像を作成	
<b>B</b>	B-1 Photo2Fabric 入力画像, label 画像を開く	
	B-2 領域毎に織物組織を適用 パターン選択 (平織, 綾織…拡張誤差拡散法) 基本格子 (完全組織サイズ) 制御変数 (飛び数) 水平移動 (組織の基点の移動) 明るさ (綾織, 縷子織の増点操作)	
	B-3 織物風描画 経系・緯系の太さ, 埋没量, 経系密度	
	B-4 パターンチェック 最大間隔の制御	
	B-5 保存 動作履歴 生成画像	
<b>C</b>	ジャカードデータへの変換 メートル情報, 針使い情報, 耳組織など付属情報 データフォーマットの変換	
	<b>D</b>	製織

A～Dの工程のうち、Photo2Fabricによる工程はBにあたる。その他のAはAdobe Photoshopなど一般の画像編集ソフト等を使用する工程。Cはジャカード織物データ作成ソフト。Dは織機による。

### 3-3 Photo2Fabric の試用

織物組織パターンを作成するための入力画像、領域分割を示した label 画像を図 9 に、それを元に Photo2Fabric によって作成した織物組織パターンを図 10 に示す。

図 9 の入力画像 A のモチーフの構成要素は、巨大な寺院、市街、遠景、空、などに分類でき、さらに寺院と市街のそれぞれの建造物には様々な方向に向けた壁面、屋根といった平面や曲面で構成されている。ここでのデザイン意図としては、①入力画像の陰影を写実的に表現すること、②近景と遠景の距離感の差を織物組織の違いで表現すること、③平面や曲面の向きを織物組織パターンで暗示的に表現することとした。

表 1 の A-2 label 画像作成では、この②、③の意図に基づいて領域分割を行い作成した。

表 1 の B-2 領域毎に織物組織を適用では、①、②、③を意識して組織パターンの選択を行った。ここで、織物組織の選択基準として考慮した、織物組織の違いによる効果について図 11 に示す。

図 10 の A1～3 と、B1～3 を比較すると、どちらも階調（輝度）の再現は行っているが、提案手法ではそれだけではなく、同じ輝度を持った平面でも織物組織の違いが認識できることにより別の面であることが分かり、さらに綾目や縷子線の角度によって、平面がどちらを向いているかを認識することができる箇所もある。同じ入力画像、同じ本数の糸を用いながら、織物上に表現された情報を増加させたことにより、2-1 節で述べたような単調で平面的な印

象を与えるという弊害を軽減し、また伝統的な手法だけでは不可能だった細密な陰影を再現したジャカード織物の実現が期待できる。

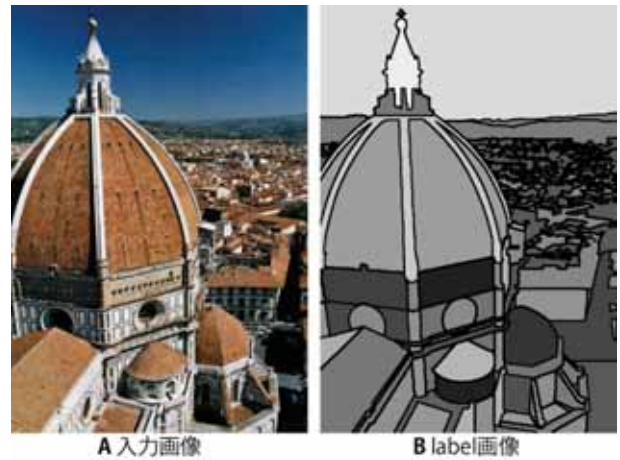


図 9 入力画像と label 画像

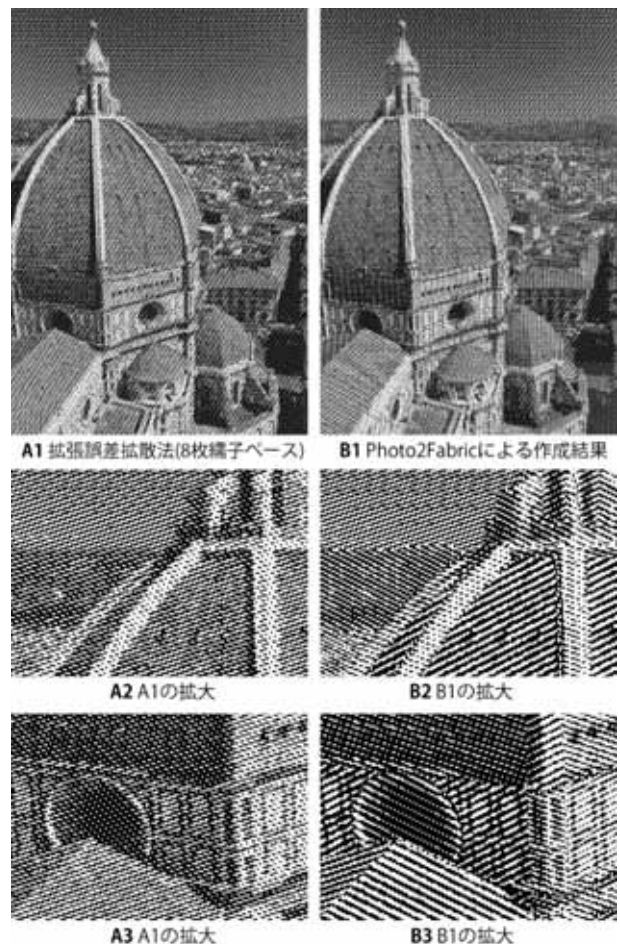
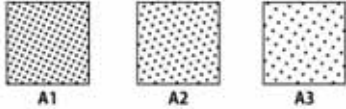
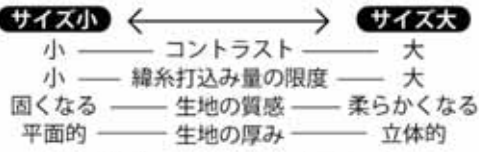


図 10 従来技術と Photo2Fabric による織物組織パターンの比較

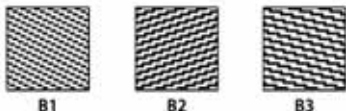


●組織のサイズ



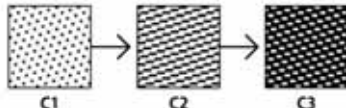
[ A1=5枚織子 A2=8枚織子 A3=13枚織子 ]

●パターンの違い 縷子線、綾目による方向性の暗示



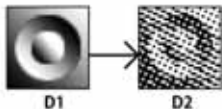
[ B1=5枚織子(増点1) B2=8枚織子(増点3) B3=11枚織子(増点4) ]

●綾織・縷子織の増点 段階的な階調(輝度)の表現



[ C1=8枚織子(増点0) C2=同(増点2) C3=11枚織子(増点5) ]

●織物デザの選択 連続的な階調(輝度)の表現



[ D1=入力画像 D2=D1の二値化(拡張誤差拡散法:5枚織子ベース) ]

図 11 組織の選択と効果

4.課題と解決法(3)：文様状パターンへの応用

4-1 文様状の閾値サブマトリクス

これまで本報では、三原組織や織物組織をベースにした拡張誤差拡散法を領域ごとに使い分けることの優位性を主張してきた。とくに本報 3-3 で触れた手法では、織物組織パターンに備わった綾目や縷子線の方向や、組織サイズによる仕上がりの違いを使い分けることによって、立体感や質感など、陰影以外の情報を織物上に表現することを意図的に試みた。これは同様に二値情報によって陰影のみならず、立体感や質感を表現する芸術分野であるペン画や、さまざまな版画で行われている基本的な技法であるが、本研究で取り上げたような一般に写真織といわれる織物技法の分野では類例を見ない。

さらにこのアイデアを前進させ、織物組織パターンだけでなくペン画のストロークのような自由なパターンを用いながら陰影を表現することができれば、織物としての表現の自由度はさらに拡大することが考えられる。

ここで課題となるのは、様々な質感を表現しうる自由なパターンを閾値サブマトリクスとするために描画する

ことはできても、それをリピートのあるものにするのが困難な点である。

そこで、既存の画像をもとにシームレスなリピートのある画像を作る手法である、グラフカットを活用した手法を提案する。ここでは、織物組織パターン以外の様々な質感を表現しうる閾値サブマトリクスを文様状閾値サブマトリクスと呼ぶ。

4-2 文様状の閾値サブマトリクスの生成

ベースとなる文様状の画像を作成し、リピートを持つ文様状閾値サブマトリクスに変換し、それによって自然画像から織物組織を生成する手法について解説する。



図 12 文様状パターンによる入力画像の二値化

図 12 の A は、Adobe Illustrator 及び Adobe Photoshop を用いて作成したベースとなる文様状の画像である。この段階ではリピートを持つ必要はなく、そのため短時間での作成が可能である。

このとき、文様状の画像が後にグラフカットによる画像合成を行ったのちに織物向けの閾値サブマトリクスとして活用し得るものとする上での要件として、垂直水平方向に織物を構成する経糸及び緯糸が一定範囲内で交絡しなくてはならない。これは織物組織パターンの制約と

同様であり、特に織物設計上の必要から糸の浮きの長さを一定範囲に制御したい場合には、それに応じた文様を描く必要がある。画像がその制約を満たす精度が高いほど、二値化結果が織物組織として無理なく使用できるものとなる。またここでは、文様は白と黒の二値で描いたものをガウシアンフィルタによりぼかしたものを使用する。このぼかしによって、二値の画像が 0 から 255 までの連続階調を持ち、閾値サブマトリクスとして使用できるものとなる。

図 12 の B は、A をリピートを持つ画像に変換したものを示す。

この工程では、グラフカットにより小さなサンプル画像からシームレスな画像を生成するテクスチャ生成プログラム KUVA<sup>5)</sup> を用いた。

図 12 の D は、入力画像 C を図 12 の B によって二値化した結果である。図 12 の D では、文様状の構造が入力画像の輝度に対応して階調を持ち、入力画像と文様状のパターンの両方を同時に織物組織パターン上に表現していることを示している。

## 5. 製織試験

製織試験には、電子ジャカード付レピア織機(ツダコマ FLEX / ストープリ CX960 ELJ-W SERIES) を用いた。製織条件は表 2 のとおりとした。

表 2 製織条件

経糸	Pe	50/2 d	78 羽 3 本入	(62 本/cm)
緯糸	綿	40/2 s	117 本/インチ	(46 本/cm) ※1
	綿	60/2 s	157 本/インチ	(62 本/cm) ※2

※1…図 17 ※2…図 17 以外の試験結果

## 6. 結果及び考察

### 6-1 異なるパターン領域間の境界処理

従来手法、提案手法を用いて図 13 の A を図 13 の B のように領域分割したうえで領域ごとに異なる規則による拡張織物ディザ法で二値化し、アーティファクト除去処理を行った結果を図 14 に示す。

図 14 は黒い塊状のアーティファクトが形成されている箇所には「●」で、白い塊状のアーティファクトが形成されている箇所には「○」でチェックを入れた画像である。

図 15 に図 14 で示したアーティファクトの数を示す。

図 14, 図 15 から、従来手法、提案手法を用いて境界処理によるアーティファクト除去を行った結果、両手法とも全てのアーティファクトを除去することはできなかったものの、入力画像と比べてアーティファクトの数が減って

る。特に、提案手法では従来手法よりも多くのアーティファクトを除去することができた。図 14 でアーティファクトが形成されていた箇所内、2 箇所に着目する。



図 13 境界処理チェックのためのサンプル画像

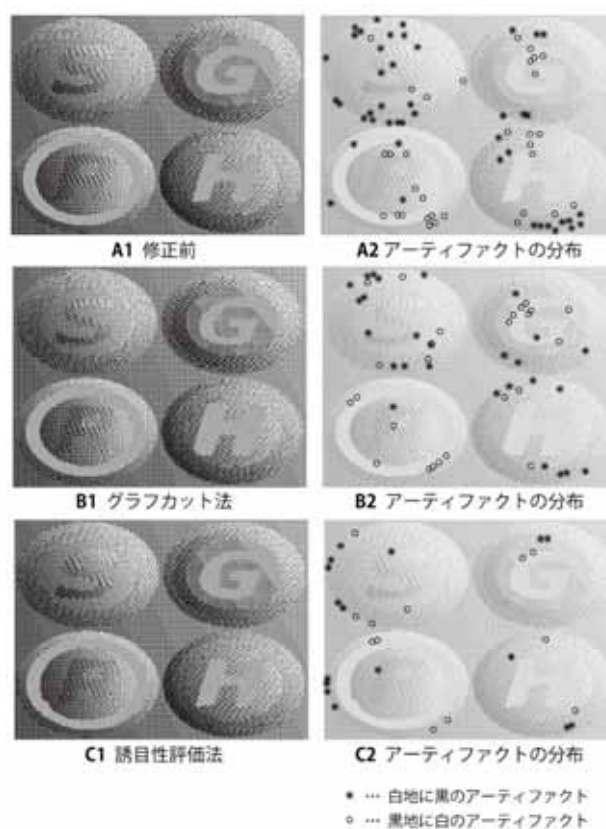


図 14 境界処理前後の比較

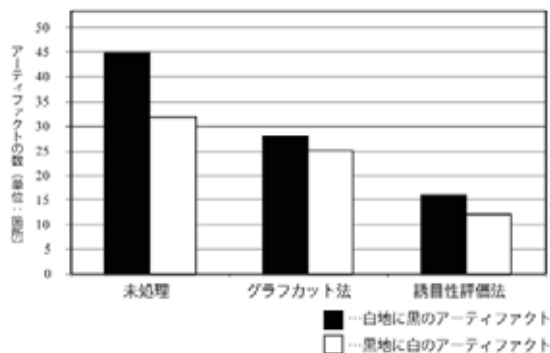


図 15 境界処理前後のアーティファクト数



図 16 は図 14 の中央右下の○内に「H」の描かれた箇所の一部を拡大した画像である。図 17 に試織結果を示す。

図 16 の A1 では、異なる規則によって生成されたパターンが境界で衝突してパターンが崩れたことによって、黒い塊状のアーティファクトが形成されている。図 16 の A2 はグラフィカット法によるアーティファクト除去処理を適用した結果画像であるが、中央に黒い塊状のアーティファクトが残ったままである。一方で、図 16 の A3 の提案手法適用結果画像では、黒い塊状のアーティファクトが見られず、アーティファクトの除去に成功している。しかし、図 16 の B1~B3 に示した部分では、アーティファクトを除去することができなかった。

このように、同画像内においてアーティファクトを除去することができた場所とアーティファクトを除去することができなかった場所があった。その原因として、アーティファクト除去処理の結果はパラメータに依存すること、またそのパラメータの最適値はアーティファクトごとに異なることが考えられる。現状ではすべてのアーティファクトの除去は困難であるが、アーティファクトの種別によってパラメータを局所的に変動させるアルゴリズムの開発による改善手法の開発が、今後の課題として見出せた。

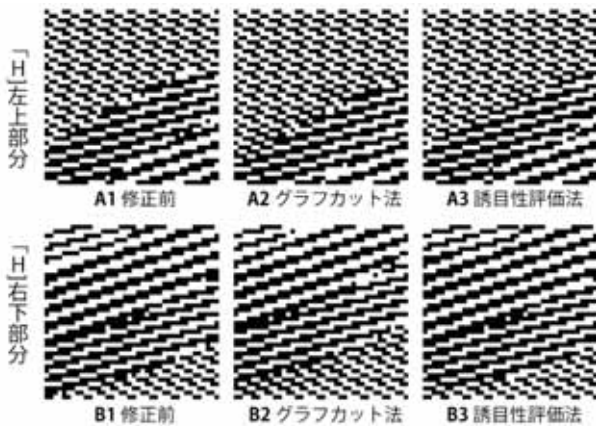


図 16 境界処理結果 (部分拡大)

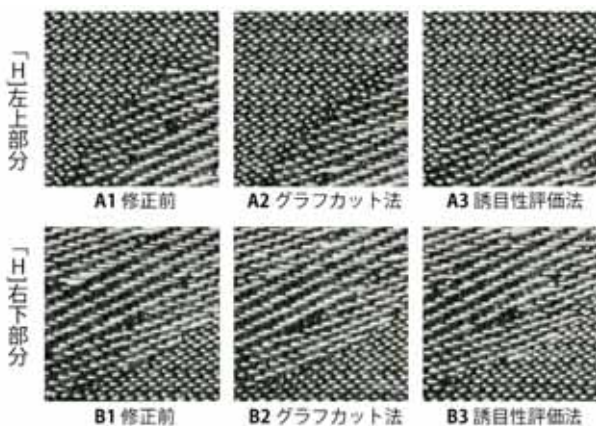
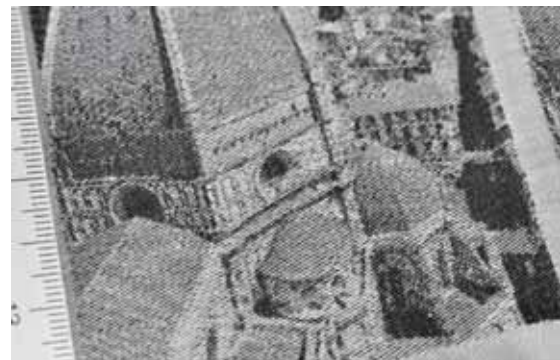


図 17 試織結果 (部分拡大)

## 6-2 Photo2Fabric による領域分割への対応

図 18, 図 19 に、Photo2Fabric で作成した織物パターンを試織結果を示す。

図 18, 図 19 の A は 10 枚縞子をベースにした拡張誤差拡散法によるもの、図 18, 図 19 の B は領域分割により様々な織物組織パターンをベースにした拡張誤差拡散法を用いたものである。3-3 節で触れたように、階調表現と同時に織物組織パターンの違いを活用することによって、モチーフの持つ遠近感やモチーフを構成する各平面の立体構造などがより詳細に生地上に再現できていることが見て取れる。

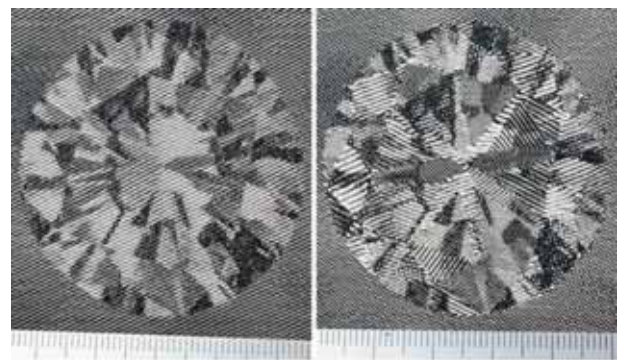


A 拡張誤差拡散法 (10枚縞子ベース)



B 領域分割+拡張誤差拡散法

図 18 試織結果①



A 拡張誤差拡散法(10枚縞子ベース)

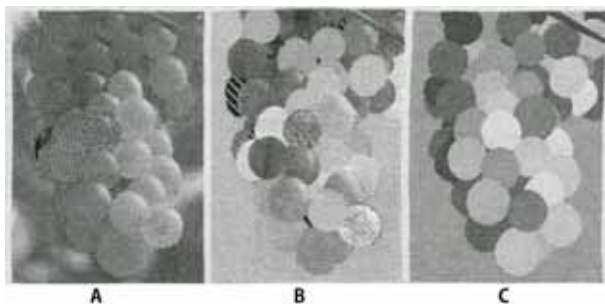


B 領域分割+拡張誤差拡散法

図 19 試織結果②



図 20 は Photo2Fabric の被験者実験として、計 8 名の織物技術者が織物パターンを生成した例の一部である。被験者は業務としてジャカード織物の設計を行う経験のある技術者及びデザイナーである。図 20 の結果からは、被験者ごとに大きく異なる織物組織パターンを作っていることが確認でき、同一の入力画像を用いても被験者が同じ写真からも異なる印象を受け取り、あるいは、異なる目標を見出して、織物組織パターンを構成したことが読み取れる。このことは、Photo2Fabric が入力画像から自動的に一つの結果のみを導き出すのではなく、それぞれのユーザが意図して実現しようとする表現の自由度を保証し、それをサポートするものであることを示している。



A,B,Cはそれぞれ異なる被験者によるもの。Aではすべて拡張誤差拡散法、Bでは拡張誤差拡散法と通常の織物組織が併用され、Cでは通常の織物組織だけで織物組織パターンが作られている。

図 20 被験者実験による織物組織パターンの試織結果

表 3 被験者の感想

Q. 本システムに関する感想や要望などを自由にお聞かせください
<p><b>①システム全体の評価について</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・使いこなせば大変便利</li> <li>・操作的が単純で使いやすい</li> <li>・ロゴやモノグラムなど細かい組織選択の時に便利</li> <li>・写真よりもロゴマークや小さめの小紋柄などに使えそう</li> </ul>
<p><b>②改善要望</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひとつ前に何の組織を入れたのかが分かると良い</li> <li>・特定の組織を入れた領域を選択できると良い</li> <li>・一つ前の動作に動作に戻れるようにしてほしい</li> <li>・パターン確認前と後が見比べられ、修正できるといい</li> <li>・部分的に拡大確認できるのも良いが、全体を拡大して確認できると良い</li> <li>・許容幅数の最低値を5までにしてほしい</li> <li>・棒刀織機にも対応してほしい</li> </ul>

※上記は、記述された回答を要約し分類したもの

表 3 に、被験者からの意見を要約し分類したものを示す。ここからは細かな機能の修正要望もあるが、概ねシステム全体への好ましい評価が得られていることが分かる。また、写真を入力画像としたものだけでなく、通常のロゴマークなど「小さ目の小紋柄などに使えそう」「細かい組織選択

の時に便利」という評価があったことは、システムが有益となる場面が本研究での想定を超えて広いことを示唆していると考えられる。

またさらなる機能強化に関する具体的な要望に応えることで、新たな価値を持つ織物をデザインできる可能性が期待できる

### 6-3 文様状の閾値サブマトリクス生成

4-2 で述べた手法により作成した織物組織パターンによる試織結果を図 21 に示す。

生地上において入力画像の細部の再現は低下しているが、大きな陰影情報は再現されており女性の顔や帽子は明確に認識でき、同時に全領域で同心円状のパターンが描かれていることが見て取れる。ここでは文様状閾値サブマトリクスの文様は入力画像のモチーフやレイアウトを意識せず作成されたものだが、入力画像の質感や立体感などを領域ごとに考慮したものを作成して活用すること、あるいは領域ごとに異なる文様状閾値サブマトリクスを活用することで、より豊かな表現が可能になるものと思われる。



図 21 文様状の閾値サブマトリクスによる試織結果

## 7. 結 言

本研究では、織物に特化した閾値サブマトリクスを用いた画像二値化手法について、第 1 報では(1) 階調が単調で緩やかな場合の過剰な規則性の発生、(2) 極端に微細な陰影構造が再現されないこと、(3) 複数の異なる閾値サブマトリクスを併用した場合に領域間で発生するアーティファクトの発生、という 3 つの課題について、それぞれ(1)ノイズディザ法、(2)拡張誤差拡散法、(3)グラフカット法という解決方法を提案した。第 2 報では、(3)の改善提案として、(4)誘目性を考慮した新たな手法を提案したほか、(5)複数の異なる閾値サブマトリクスを併用した新たなジャカード織物デザインツールとして Photo2Fabric を開発、(6)グラフカットによる画像合成プログラム KUVA を用いて簡易に文様状の閾値サブマトリクスを作成する手

法を提案した。

織物に特化した閾値サブマトリクスによる画像の二値化処理技術の開発という切り口で研究開発を行う中で、本県織物産業の技術力やデザイン力向上に役立ちうる新しい技術を生み出すことができたと考える。

今後の課題として、領域境界のアーティファクトの除去をより高精度に行う手法の確立、また Phito2Fabric では現在手動で行っている領域分割を省力化するため半自動化する技術の開発、そして多丁杼による多色織物への展開が挙げられる。

### 参考文献

- 1)五十嵐哲也，豊浦正広，庄司麻由，茅暁陽，秋本梨恵：H25 年度山梨県富士工業技術センター研究報告，P.52-62 (2014)
- 2)豊浦正広，五十嵐哲也，庄司麻由，茅暁陽：芸術科学会論文誌，Vol.13，No.3，p.124-133 (2014)
- 3)五十嵐哲也，中村聖名，吉村千秋，古屋正：H19 年度山梨県富士工業技術センター研究報告，P.28-34 (2007)
- 4) V. Kawatra et al. : Graphcut Textures: Imageand Video Synthesis Using Graph Cuts," ACMTOG (Proc. of SIG GRAPH), Vol.22, No.3, P.277-286 (2003)
- 5) Jean-Philippe Aumasson: <https://github.com/textureguy/KUVA> (2013)