

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1報)

五十嵐 哲也・豊浦 正広*・庄司 麻由*・茅 暁陽*・秋本 梨恵

Constrained Image Binarization for Generating Jacquard Fabric (1st Report)

Tetsuya IGARASHI, Masahiro TOYOURA*, Mayu SHOJI*, Xiaoyang MAO* and Rie AKIMOTO

要 約

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に開発した織物に特化した閾値サブマトリクスによる二値化技術¹⁾は、課題として、(1)デザイン画である入力画像の階調が単調で緩やかな場合に、閾値サブマトリクスのサイズの繰り返しパターンが規則的なノイズとして発生すること、(2)閾値サブマトリクスが入力画像の情報を一切反映せずに作成されているために、閾値サブマトリクスのサイズ以下の微細な構造の再現に限界があること、(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の境界線にノイズ状のアーティファクトが発生することの、3点が明らかとなっている。本研究ではより付加価値の高いジャカード柄生成技術を確立するため、これらの課題をそれぞれ解決する新しい技術を提案し、提案手法で生成された二値パターンから織り上げた複数の結果を検証することで、その有効性を示す。

1. 緒 言

ジャカード織物では、多数並列化された経糸を任意に上下させて、経糸、緯糸のうち視覚的に多く露出させた糸が生地表面に現れるように直交する緯糸と交差させることで、複雑な模様を織り出すことができる。このときの経糸と緯糸の上下関係は、紋紙と呼ばれるパンチカードやプログラムによって、経糸・緯糸の交差点ごとの上下関係による二値データとして定義することができ、これを織物組織と呼ぶ。織物組織は、通常は 2×2 から数十 \times 数十のサイズを持つマトリクスであり、それが繰り返しパターンとして用いられる。

また通常のジャカード織物では、複数の領域で塗り分けられたデザイン画が用いられ、領域ごとに異なる織物組織を割り当てることで、表面に表れる糸種(経糸か緯糸か・色・素材・番手)の割合がそれぞれ異なる領域を複数形成し、その見え方の違いで模様を表現する。このときそれぞれの領域間の境界は明確であり、領域毎の陰影や色彩の階調は不連続であることが一般的である。

一方、陰影や色彩の階調を連続的に変化させることを主眼とした、写真織と呼ばれる手法が幾つも提案されている。共同研究「高精細ジャカード織物製織技術の開発(2007)¹⁾」では、織物組織パターンに基づいた閾値サブマ

トリクスを用いた組織的デザ法による二値化処理による連続的な階調を織物上で再現する手法を開発した。

この手法は織物組織の特徴を活かした二値化手法により連続階調を表現するジャカード柄生成において優れた結果をもたらす一方、(1)デザイン画である入力画像の階調が単調で緩やかな場合、(2)閾値サブマトリクスサイズ以下の微細な構造を再現しようとするする場合、(3)複数の異なる閾値サブマトリクスを併用した場合に、織物表現上の不具合を生じることがのちの研究から明らかになってきた。

そこで本研究では、それらの課題の解決方法について研究開発を行った。なお、本研究の成果の一部は、NICOGRAPH2013において豊浦らにより報告され²⁾、本稿はその内容を含めて構成される。

2. 従来技術の概要

前項で述べた「ジャカード織物の製造方法」(以下、ここでは従来技術と記述)の概要を説明する。

従来技術は、組織的デザ法による画像の二値化処理を、織物の制約を考慮して最適化しようとするものである。

ここでいう織物の制約とは主に、二値化後の画像を織物組織図として用いたとき、経糸あるいは緯糸が互いに交差しない部分、すなわち織物用語でいう糸の浮きの距離が

* 国立大学法人山梨大学

許容される範囲を超えてはならないこと、ノイズと感ぜられるほどに経糸と緯糸の交差頻度のばらつきが多すぎてはならないこと、である。

この課題を解決するため、組織的ディザ法に用いる閾値サブマトリクスを作成にあたっては、連続した階調を織物で表現する手法のひとつである増点法を用いた。経糸・緯糸に異なる色を用いて製織したとき、図 1(a)~(g)に示すように 8 枚縞子組織を増点法により変化させると、7 段階の階調を経糸・緯糸の生地表面からみた比率の違いとして、近似的に連続階調を表現することができる。

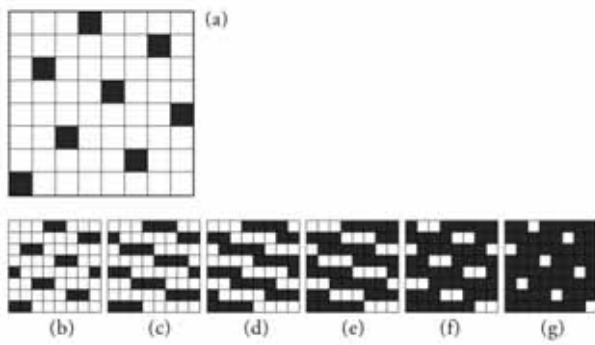


図 1 8 枚縞子における増点法

この増点法を応用し、8 枚縞子組織に基づいて作成した閾値サブマトリクスを図 2 に示す。

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	235	130	55	0	25	100	165	255
1	85	185	255	215	150	50	0	35
2	70	0	15	105	195	255	210	160
3	255	230	140	80	0	10	115	175
4	30	95	170	255	240	125	60	0
5	145	45	0	40	90	190	255	220
6	200	255	205	155	65	0	20	110
7	0	5	120	180	255	225	135	75

図 2 8 枚縞子組織に対応する閾値サブマトリクス

この 8×8 の閾値サブマトリクスには、最大値・最小値となる 0 と 255 がそれぞれ 8 か所ずつあり、それぞれが 8 枚縞子組織図における軽口と重口のそれぞれ黒、白の配置に対応している。残りの 48 か所には 0 と 255 で輝度値が階段状の勾配で結ばれ、かつ全て異なるように値を与えた。これによって、8×8 のサイズを持つ任意の輝度の画像を二値化した場合、49 階調の表現が可能となる。

この従来技術による二値化手法を、織物ディザ法と呼ぶこととする。

図 3 (a) に示すグラデーションパターンを入力画像とし、7 段階の増点法により階調を表現したものと、図 2 に示した閾値サブマトリクスによる織物ディザ法により二値化

したものの比較をそれぞれ図 3(b), (c)に示す。(b)では陰影が階段状であるが、(c)では連続階調として認識できる結果となっている。

3. 従来技術の課題と解決法(1)

3-1 過剰な規則性

従来技術では、入力画像の階調が単調で緩やかな場合に問題が起こることがある。図 3 (b) は、閾値サブマトリクスが規則的に繰り返して配置されているために、ある一定の輝度を持つ範囲において、縦方向に連なった白または黒の画素の、閾値サブマトリクスのサイズに相当する感覚で規則的な繰り返しパターンが目立つようになる。こうした過剰な規則性は人工的な印象を与えるために、織物パターンとしては不適切である場合がある。

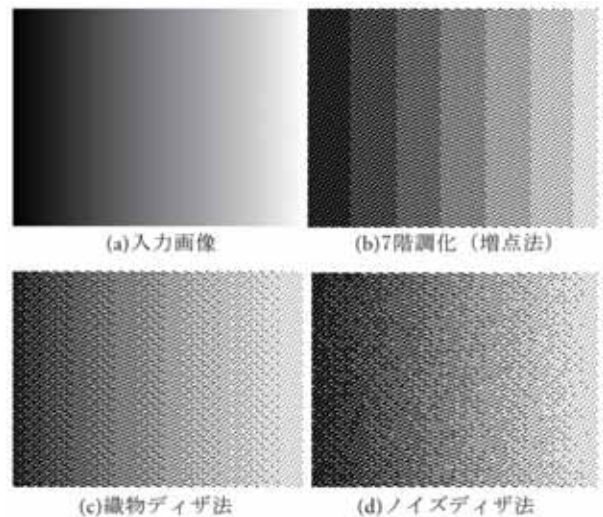


図 3 グラデーションパターンに対する二値化結果

この問題に対して、図 2 で例示した閾値サブマトリクスの白・黒以外の各画素に、平均 0、分散 σ^2 のガウス分布 $G(0, \sigma^2)$ に従うランダムな値 v を付加することで解決する。

$$v = \alpha G(0, \sigma^2) \quad (1)$$

ただし、 α は全体のノイズレベルを上下する定数係数である。ランダムな値を与えた結果、輝度値が階段状の勾配を維持できない場合には、左右の画素値を入れ替えることで階段状のパターンを維持するものとする。

図 4 の右下に示すような対話的システムにおいて、 α を利用者が生成される組織図を見ながらスライドバーで設定することができるようにし、設計者の意図を反映した二値パターン生成ができるようにする。また、以降の実験結果は $\sigma = 1:0$ として生成した。 $\alpha = 8:0$ としたときに生成される画像は図 3 (c) に示すとおりである。生成される画像では、規則的に白や黒が並ぶ頻度を抑えること

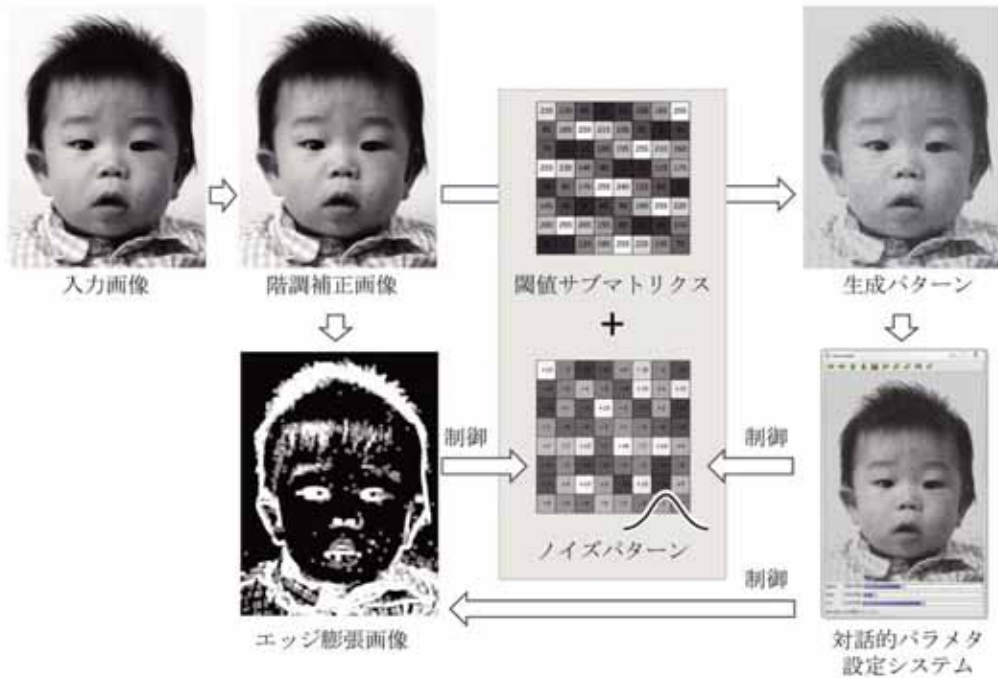


図4 対話的パラメタ設定によるノイズディザ法の概要

ができています。

また同様に自然画像に対する結果を図5に示す。輝度勾配のゆるやかな空の部分で過剰な規則性が解消されている。



図5 自然画像に対するノイズディザ法の適用

3-2 エッジ強度に応じた規則性の自動調整

式(1)によってノイズを加えた閾値サブマトリクスで二値化した画像を図6(a)に示す。グラデーションパターンに対して周期的な白・黒の画素が現れる頻度は抑えられているが、エッジ付近で白黒の順序が崩れることによって、エッジがぼやけたようなパターンが生成されてしまう。

そこで、入力画像のエッジ画像をまず求め、エッジ強度に適応してノイズレベルを自動的に調整し、エッジ強度が大きい領域では閾値サブマトリクスに与えるノイズレベルを下げることで、この問題を解決する。

入力画像のノイズに対して頑健にエッジを抽出するために、前処理としてガウシアンフィルタによる平滑化を

行う。エッジ画像生成には、ラプラシアンフィルタを用いた。エッジ画像に基づいてノイズレベルを調整することで、エッジの上の画素についてはノイズレベルが調整されるが、そのすぐ隣に位置する画素に大きなノイズが与えられることがあり、この場合には隣接画素の白黒の順序が崩れてしまう。これを解決するために、エッジとその周辺で大きな値を持つエッジ膨張画像を生成し、これに基づいてノイズレベルを調整することとする。

ラプラシアンフィルタによって得られるエッジ画像 $E(x, y)$ に対して、エッジ膨張画像 $E_c(x, y)$ を以下の式により求める。

$$E_c(x, y) = \max_{(s,t) \in N(x,y)} E(s, t) \quad (2)$$

ただし、 $N(x, y)$ は画素 (x, y) の近傍画素の集合を表す。以降の実験結果は、 L^∞ ノルムが7までである画素を近傍画素として処理を行った。さらに、ある一定以上の強度を持ったエッジのみを考慮するために、閾値 th_e を設定してエッジ膨張画像の小さな値を持つ画素を0にする。

$$E'_c(x, y) = \begin{cases} E_c(x, y) & (E_c(x, y) \geq th_e) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (3)$$

図6(c)に入力画像、図6(d)に対応するエッジ膨張画像、図6(b)にエッジ強度によって与えるノイズレベルを調整した結果を示す。図6(b)に示す結果では、本原稿の

図の解像度に限界があるために一瞥して判断できる程度ではないものの、エッジがやや明確になっている。

正規化されたエッジ強度を $p (0 \leq p \leq 1) = \frac{E'_c(x,y)}{255}$, 減衰係数 β として, 新たなガウスノイズを定義する分散 σ' を式(9) によって定義する.

$$\sigma' = \sigma \exp(-\beta p) \quad (4)$$

β についても α と同様に, 利用者がスライドバーで自由に設定できるようにした.

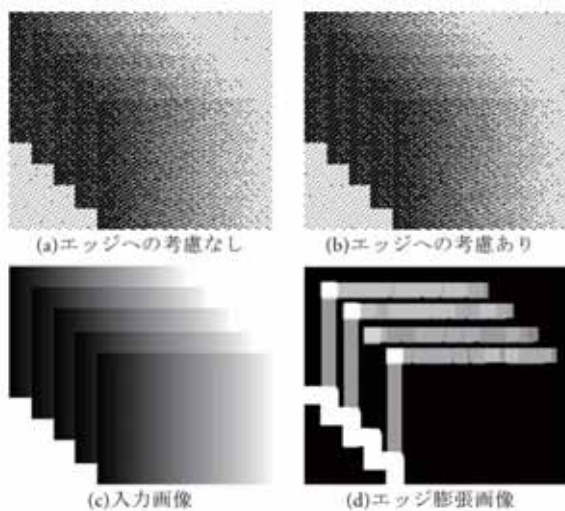


図6 エッジ強度に応じた規則性の調整結果

3-3 対話的織物組織パターン生成システム

上述のパラメタ α , β , th_e を対話的に変更して, 織物組織パターンを生成するシステムを実装した. 図4にシステムの処理の流れを示す. システムでは, まず, 入力画像中の0を1に, 255を254に変更する階調補正を行う. 次に, 新しく提案した織物用ディザパターンを適用することで, 二値化を行う. さらに, どの程度のノイズパターンを加えるか, どの程度境界を保持するか, どの程度の強度の境界まで保持するかについて, α , β , th_e の3つのパラメタによって制御し, 生成パターンを見ながら対話的に調整ができるようにした.

以上により, 従来技術の課題の一つである, 単調で緩やかな階調での過剰な規則性を解決する.

この方法による二値化手法を, ノイズディザ法と呼ぶこととする.

4. 従来技術の課題と解決法(2)

4-1 微細なエッジの保存

従来技術では, 画像全体に対して同一の閾値サブマトリクスを利用するために, 元画像における織物組織サイ

ズ以下の微細な構造や輪郭線のエッジが二値化結果に反映されにくい場合があることが推察される.

4-2 誤差拡散法

エッジをよく保存する画像二値化の手法として, 誤差拡散法³⁾が知られている. 図7(a)を入力画像として誤差拡散法を適用した結果が, 図7(b)に示す画像である. ただしここでは, 誤差拡散法だけでは糸の浮きを数本以内に抑えるという織物上の制約を満たさないため, 誤差格差法に加えて図2の値0と255の箇所に対応する位置に白及び黒の画素を重ねて作成している.

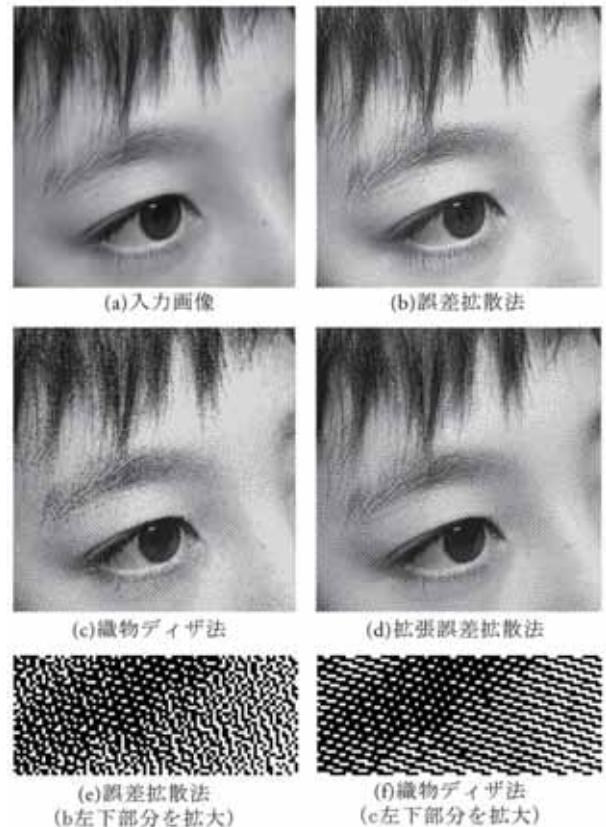


図7 織物ディザ法と誤差拡散法の比較

織物ディザ法で得られる図7(c)のパターンに比べて, 誤差拡散法による図7(b)のパターンは, エッジがよりよく保存されていることがわかる.

通常誤差拡散法では, 二値化の生成値を0と1とするときに, その中間値である0.5を閾値として二値化を行う. その概要を図8(a)に表す. ある画素を閾値によって二値化したときに生じた誤差値は, 周囲の画素にまだ二値化されていない画素を二値化するとき考慮される.

ある画素値が閾値を越えるときには1を生成し, 周囲の画素からは閾値を越えた誤差が差し引かれる. 図8(a)では単純に右隣の画素にその誤差を反映する例を示しているが, 実際にはさらに多くの周囲の画素に誤差が割り振られる.

4-3 誤差拡散法の拡張

誤差拡散法はエッジの保存に優れている一方、図 7(e)、図 7(f)に示すように、二値化後の白と黒の繰り返しが生じ、織物ディザ法に比べて頻繁に発生してしまう。このように短い間隔で白黒が不規則に反転した状態は梨地織と呼ばれる、ざらざらとした見た目と触感を表現するときに利用される織物組織に近い。本稿で志向する二値化手法は、縞組織をベースにすることで階調を表現しつつ、糸の上下の入れ替わる（白黒の反転）頻度を可能な限り規則的に揃えて美しい風合いを得ようとするものであり、従来の誤差拡散法はそれと方向を異にする手法である。

そこで白黒の反転の回数を減らすために、図 8 (b) に示すように各画素の閾値を図 2 に示したマトリクスによって設定することを提案する。閾値は各画素が 0 または 1 を生成する尤度^{ゆうど}を決定することとなり、閾値が大きければ 0 が生成されやすくなることを意味する。この閾値をディザマスクに従って階段状に設定することによって、白黒の反転の回数を減らすことができる。

この方法による二値化手法を、拡張誤差拡散法と呼ぶこととする。

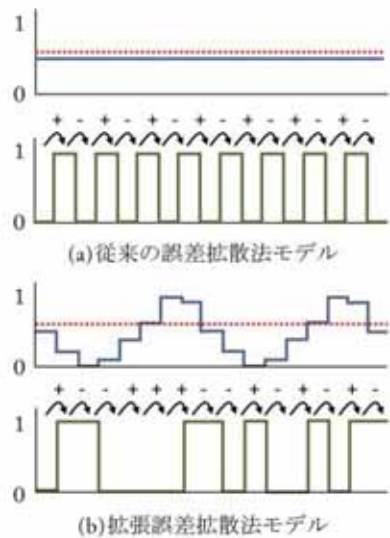


図 8 織物パターン生成のための誤差拡散法の拡張
(横軸は画素、縦軸は画素値を表す。赤は入力画像の画素値、青は各画素における閾値、緑は二値化後の生成値を表す。)

図 9 は入力画像図 9(a)及び(d)を、織物ディザ法と拡張誤差拡散法によって二値化したパターンである。図 9 (b)と図 9(c)を比較すると、毛髪の微細な構造のエッジがよく保存されていることが分かる。また図 9(e)及び(f)を見ると拡張誤差拡散法では画像内の文字の判読性が織物ディザ法に比較して高いことが分かる。

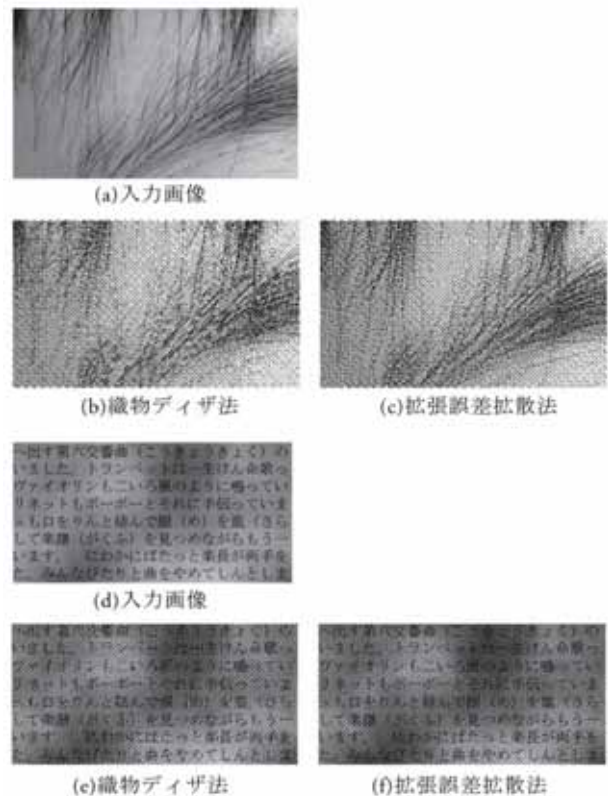


図 9 織物ディザ法と拡張誤差拡散法の比較

5. 従来技術の課題と解決法(3)

5-1 異なるパターン領域間の境界処理

一般に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繰り返し単位（リピート）を持つ織物組織パターンを配置して用いるが、領域同士の境界でアーティファクト（意図しない画像の乱れ）が生じることがある。このアーティファクトは織物デザインの用語で“ぶつつき”と呼ばれ、人手によって一つ一つを画素単位で修正する処理が行われてきた。

本研究で扱う織物ディザ法などの二値化手法でも実用化にあたって異なるパターンを併用することが想定され、アーティファクトの発生に対処することは必須の課題となる。

図 10(a)を入力画像とし、これを図 10(b)1~3 のように領域分割し、それぞれ異なる織物組織に対応した二値化規則によって二値化した結果、発生するアーティファクトを図 10(c)及び(d)に「□」で囲って示した。領域境界で白や黒が固まったようなパターンが形成されていることが分かる。

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は、グラフカットを用いた手法が知られている⁴⁾。この手法では、重なりを持って配置される 2 つの領域間で、できるだけ画素値が異なるような境界を探

索することによって、シームレスな領域間の接続を実現する。

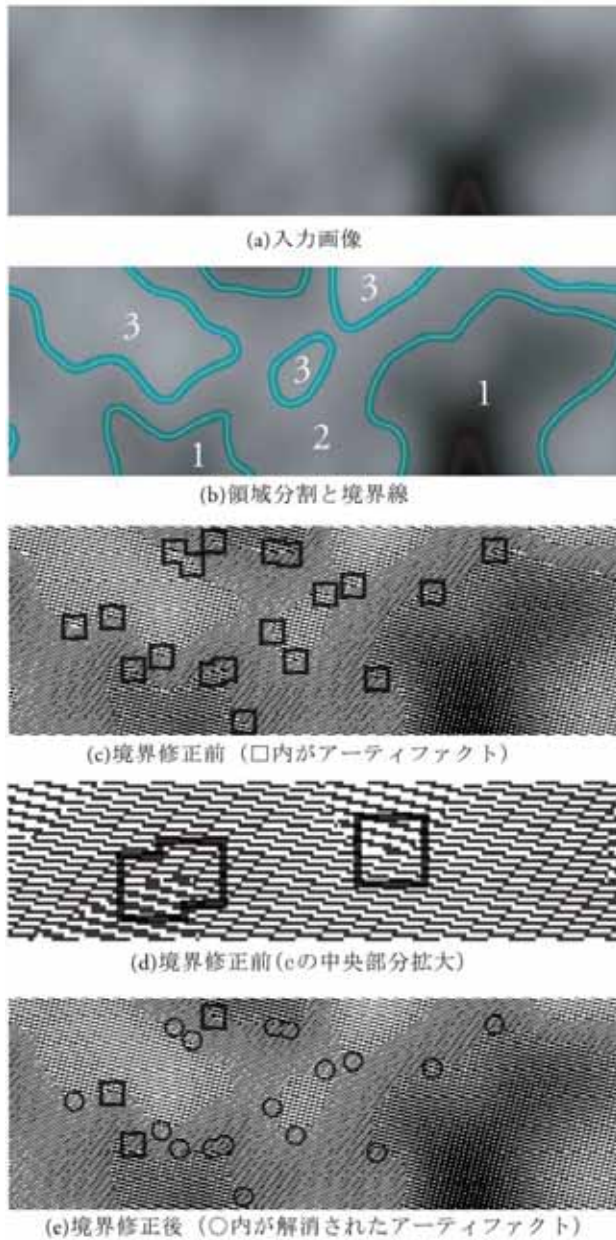


図10 アーティファクトの発生とその修正結果

織物における上述の問題に対しては、ある画素に対して同じ生成値が得られているかどうかによって、境界位置を探求することに相当する。本研究ではさらに、白や黒の塊を生じさせないような条件を追加することによって、上述の問題の解決を試みた。

本研究における領域間境界最適化の概要を図11に示す。ある初期境界に対して、その周辺の領域を2つの規則で二値化したときの結果を得ることができる。これをパターンA、パターンBと呼ぶこととする。このとき、ある画素 p_i と隣接する画素 p_j の二値化について考える。

これらの画素を別々のパターンによる二値化結果を採

用する場合のコスト $C_s(p_i, p_j)$ は、文献⁴⁾に従って、以下の式で定義できる。

$$C_s(p_i, p_j) = (p_i^A - p_i^B)^2 + (p_j^A - p_j^B)^2 \quad (5)$$

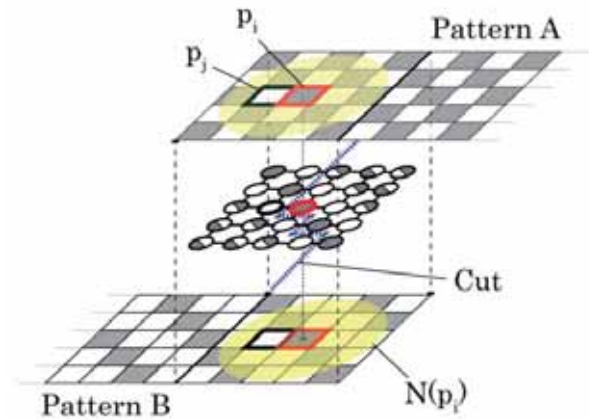


図11 グラフカットによるパターン境界位置決定

ただし、 p_i^A, p_i^B はパターンA、Bで画素 p_i に与えられる画素値であり、 p_j^A, p_j^B はパターンA、Bで画素 p_j に与えられる画素値である。境界となりうるすべての画素をノードに持ち、 C_s をパスのコストに持つようなグラフに対して、最小カットを計算することでシームレスな境界を得ることができるというのが、文献⁴⁾の提案である。しかし、上述の白や黒の塊を生じさせないような条件は、ここまでの処理では表現できていない。

ここで、同じ規則で二値化される領域内では白や黒の塊は生じないことに注目する。縞子織パターンや織物ディザ法、誤差拡散法では、本来、このような塊が生じないように規則が設定されているためである。すなわち、シームレスにパターンをつなぐためには、ある画素だけでなくその周囲の画素もパターンが一致するような位置を、境界として設定する必要がある。これを制約条件とするために、以下の式のようにグラフカットを適用するパスのコスト $C'_s(p_i, p_j)$ を設定することとする。

$$C'_s(p_i, p_j) = k((p_i^A - p_i^B)^2 + (p_j^A - p_j^B)^2) + (1-k) \sum_{x \in N(p_i) \cup N(p_j)} (p_x^A - p_x^B)^2 \quad (6)$$

ただし、 k は $[0, 1]$ の任意の値、 $N(p_i)$ および $N(p_j)$ が画素 p_i および p_j の近傍画素の集合である。その画素だけでなく、その近傍画素でも生成値が一致するような位置で境界を設定することで、アーティファクトを生じないような境界を得ることができる。図10(b)の白い線で示した境界は青く示したような近傍画素の範囲で新たに設定される。

図 10(a)に対して、式(6) をパスの重みに持つようなグラフのカットを求めることによって、図 10(e) の組織図を得ることができた。図 10(c)で 19 か所に見られたアーティファクトは、図 10(e)では 16 か所 (○で図示) に減少している。

6. 実験

試織には、電子ジャカード付レピア織機(ツダコマ FLEX /ストーブリ CX960 ELJ-W SERIES) を用いた。

織物作製に用いた経糸・緯糸の番手比率と組織パターンから導かれる適切な製織条件として、0.6 倍の罫割りを設定した。そのため、あらかじめ入力画像を縦に 0.6 倍したのちに、織物組織パターンを生成しており、図として記載している組織パターン画像は、元画像の縦横比を再現するため、いずれも生成パターンを横に 0.6 倍したものであり、各画素が縦長の長方形となっていることに注意されたい。

7. 結果及び考察

7-1 試織結果:過剰な規則性の解決

図 12, 図 13 に織物ディザ法及びノイズディザ法によって製作した織物を示す。図 12(e) の幾何模様を入力画像に対して、従来の増点法を用いた階調化によって固定パターンを割り当てる方法では、図 12(a) に示すような入力画像にはない境界が階段状に存在するパターンが生成される。

織物ディザ法によって得られた生成パターンが図 12 (b) である。図 12 (b) のパターンでは、グラデーション領域の中で過剰に規則的なドットの並びが見て取れるが、ランダムなノイズを加える α の値を調整することで、図 12(c) に示すような過剰な規則性がないようなパターンが得られる。一方で、ランダムなノイズを加えたことで入力画像のエッジ境界がぼやける問題が起こる。エッジ膨張画像に基づいてエッジを保存する効果を施すことで、図 12 (d) に示す最終的なパターンを得る。図 12 (f), (g), (h) に示す織物として製作した結果からも、過剰な規則性の削減と入力画像のエッジの保存の傾向が確かめられた。

図 13(a) の入力画像に対しても、従来の増点法によって固定パターンを割り当てる方法では、図 13 (b) に示すような肌の一部で明るさ境界が強調されてしまうパターンが生成される。織物ディザ法によって得られた生成パターンが図 13 (d) であり、肌の明るさ境界がなく、なめらかな明るさ変化が表現できている。図 13 (d) のパターンでは、背景の壁の領域で規則的なドットの並びが見て取れるが、ランダムなノイズを加える α の値を調整することで、図 13 (e) に示すような過剰な規則性が抑えられ

たようなパターンが得られる。ランダムなノイズを加えたことでエッジ境界がぼやける問題が起こるが、図 13 (c) に示すエッジ膨張画像に基づいてエッジを保存する効果を施すことで、図 13 (f) に示す最終的なパターンを得る。図 13 (g), (h), (i) には、図 13 (d), (e), (f) に示すパターンを実際に織物として作製した結果を示すが、織物ディザ法による結果と比較して、パラメタを適切に設定したパターンで作成した結果では、平坦な部分での輝度が過剰な規則性が抑えられて表現され、また、エッジがやや保存された結果となっていることが見て取れる。境界を保持する効果は、さらに大きなノイズを加えるときや、画像中にはっきりした輝度境界があるようなときに、さらに有効に働く。

7-2 試織結果:微細なエッジの保存

誤差拡散法は、図 14(c) に示した画像の段階ではエッジ保存の効果も高く、階調表現にも優れているが、織物にした結果の図 14(g) を見ると、経糸と緯糸が上下する回数が多すぎるにより乱雑な風合いを生じさせている。図 14 (a) のようにゆるやかな階調勾配を持つような入力画像を表現するためには、こうした白黒の反転の回数が多すぎるパターンは適さないことが分かる。

図 14 (d) に示す生成パターンでは、図 14(c) に示した通常の誤差拡散法に比べて画像として見たときには優位性は見て取れないが、作製される織物では図 14 (h) に示すように、通常の誤差拡散法よりもなめらかな質感を表現でき、また、織物ディザ法を用いた図 14 (e) よりもエッジが保存することができていることが見て取れる。

7-3 試織結果:異なるパターン領域間の境界処理

図 15(a-3)~(a-6), (b-3) ~ (b-6), (c-3) ~ (c-6) に織物作製結果を示す。境界修正前後を比べると、アーティファクトが減っていることが見て取れる。図 15(a-4), 図 15 (b-4) では黒い塊が目立たなくなり、図 15 (c-4) では水平に生じていたくさび状のアーティファクトがなくなっている。

異なるパターン領域間の境界で発生するアーティファクトは、本研究で扱う階調情報を再現した二値化手法の分野だけでなく、通常のジャカード織物のデータ作成においても共通するものであり、実用上の価値は非常に高いと思われる。

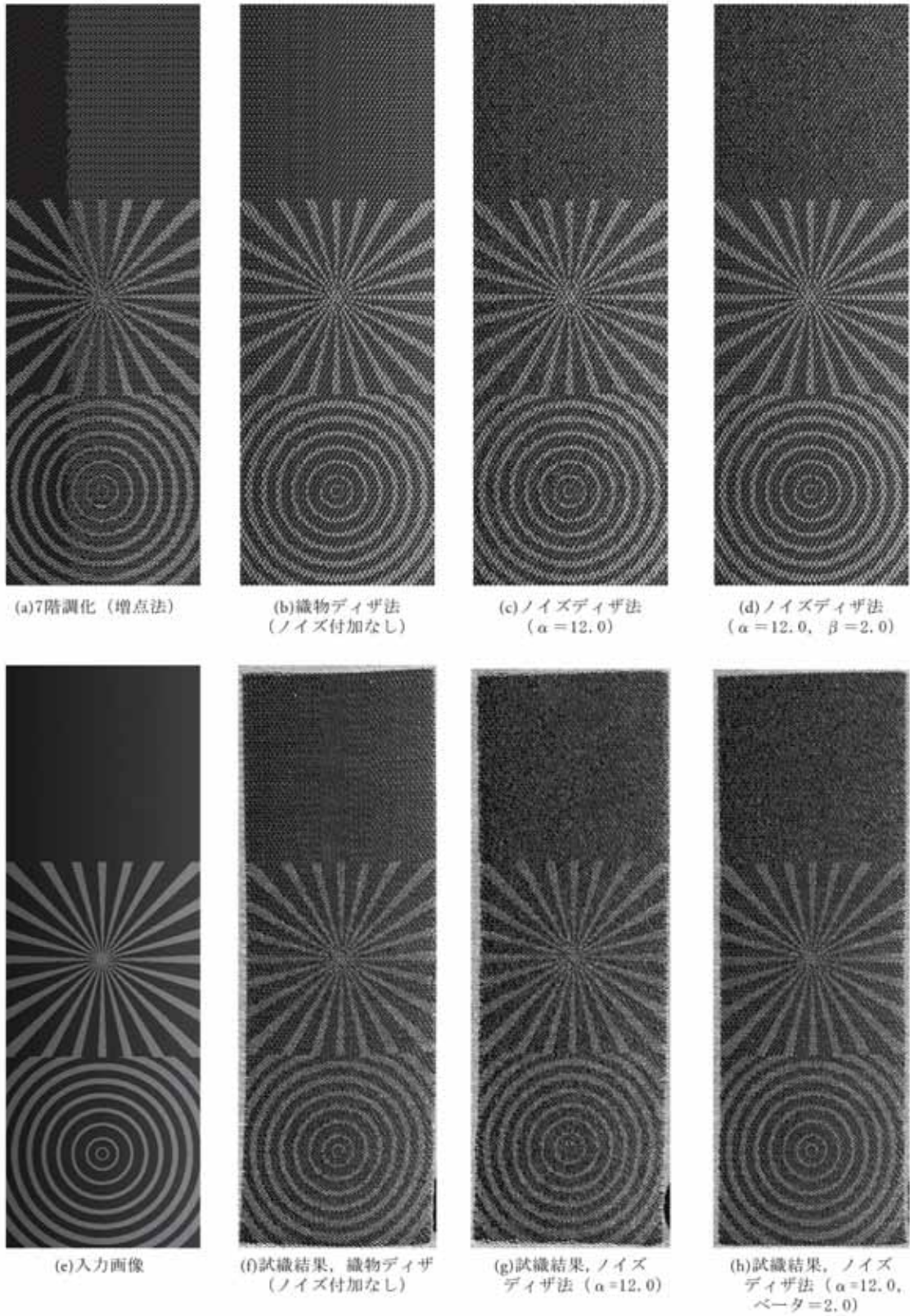


図 12 試織結果 (織物デザ法とノイズデザ法)



図13 試織結果(織物ディザ法とノイズディザ法)

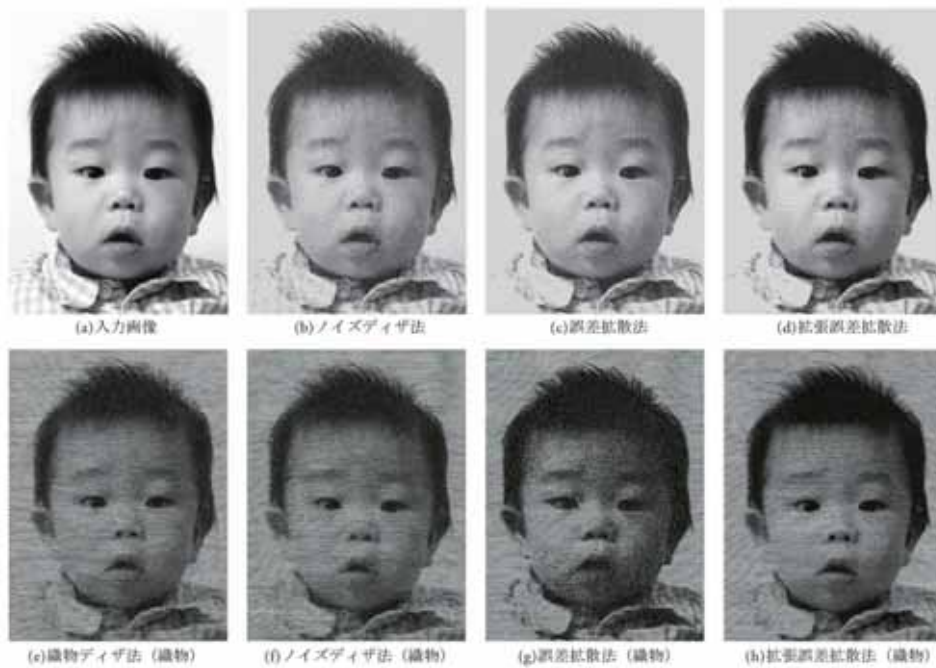


図14 試織結果(織物ディザ法とノイズディザ法, 誤差拡散法, 拡張誤差拡散法)

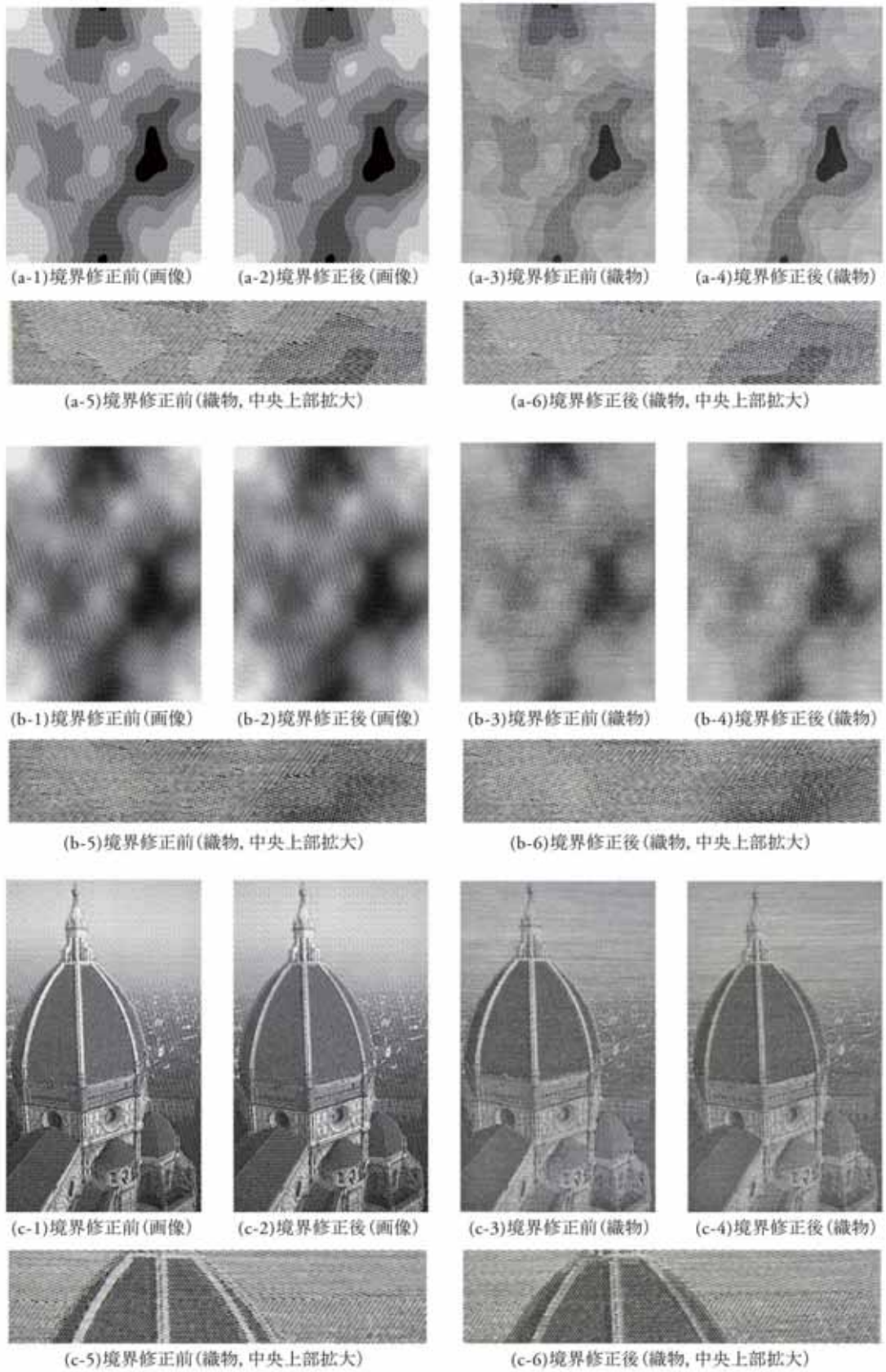


図 15 試織結果 (境界アーティファクトの解消)

7-4 写真画像への適用結果と鑑賞者の反応

写真家高橋恭司氏による写真作品をグレースケール画像にしたものを本研究で提案するノイズディザ法によりジャカード組織図に変換し、織物製造業の株式会社榎田商店が製織したものが、高橋恭司氏の作品としてギャラリーTRAUMARISで行われた展示「自由について3」(2013年9月10日(火)から10月6日(日))において展示された。その作品を図16に示す。

高橋恭司氏は写真表現の媒体として印画紙以外にレーザープリントやモノクロコピーを用いるなど様々なテクスチャの魅力を追及しており、今回の織物による表現はその一環として行われた。高橋氏からは、プリント生地と違った深みがあり可能性を感じる、また経糸と緯糸のスクエアな組み合わせでありながら柔らかな表現ができていることが面白い、とのコメントを受けた。ギャラリーの鑑賞者へのヒアリングからは、織物で作られたということを知ってもなお信じられないくらいに写実的で、またプリントとも違う深みを感じられる、など好ましい反応が得られた。



図16 写真展における織物の作品例

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、(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、ティファクトの発生、3つの課題について、それぞれ解決方法を開発した。

今後の課題として、カラー画像の色分解した複数のチャンネルによる多色織物の作成¹⁾に本研究の提案手法を活用すること、また複数の閾値サブマトリクスを領域ごとに使い分けて画像に合わせた織り方のパターンを選択できるようにし、階調だけでなく質感やタッチを表現する手法

の開発を挙げる。

また、これらの処理を織物デザインの現場で行い、細かな修正をあとから手作業で加えるようにできる方法の開発も進めることとする。

参考文献

- 1) 五十嵐哲也, 中村聖名, 吉村千秋: 高精細ジャカード織物製織技術の開発, 平成19年度山梨県富士工業技術センター研究報告, P.28-34 (2007)
- 2) 豊浦正広, 五十嵐哲也, 庄司麻由, 茅暁陽: NICOGRAPH 2013-11, 芸術科学会, p.9-16 (2013)
- 3) R. W. Floyd et al. : An Adaptive Algorithm for Spatial Grayscale, "Proc. of the Society for Information Display, Vol.17, No.2, P.75-77 (1976).
- 4) V. Kawatra et al. : Graphcut Textures: Image and Video Synthesis Using Graph Cuts, "ACMTOG (Proc. of SIGGRAPH), Vol.22, No.3, P.277-286 (2003)