

ジャカード織物パターン作成のための画像処理

山梨大学大学院総合研究部 助教 豊浦 正広
教授 茅 暁陽
山梨県富士工業技術センター 主任研究員 五十嵐 哲也

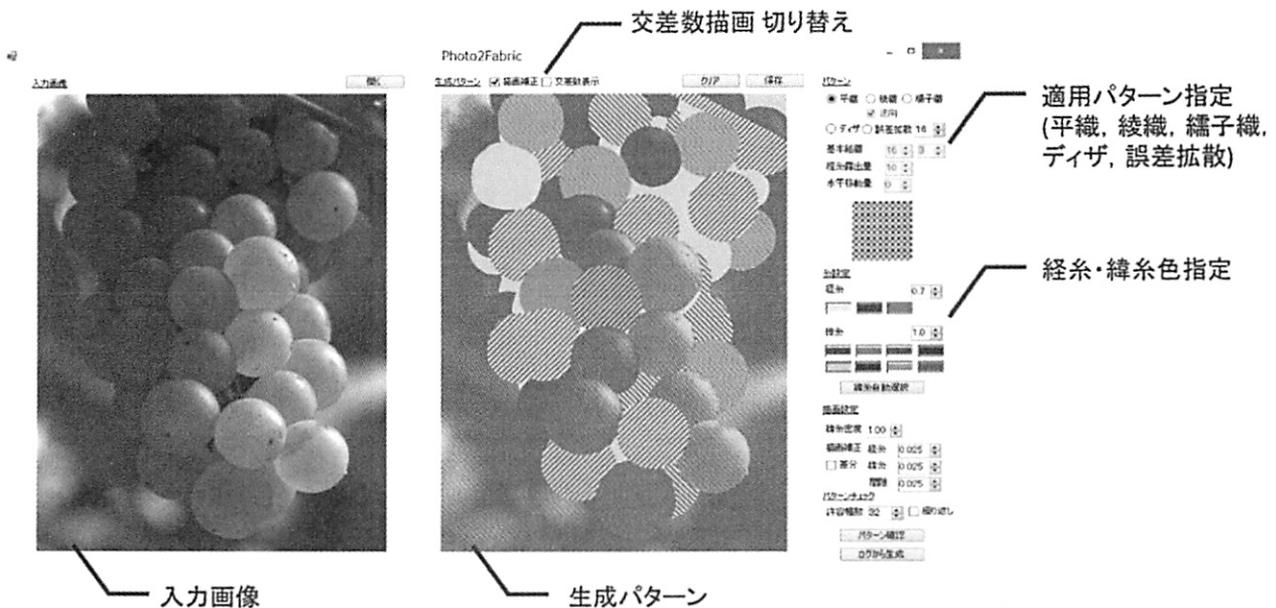
1. はじめに

富士山のふもとに当たる山梨県郡内地方では、古くより織物産業が発達した。同地方の織物は「郡内織物」と呼ばれ、甲斐絹をルーツとする先染め長繊維の裏地や傘地などを得意としてきた。明治後期からはジャカード織機が普及し、現在でもさまざまな用途に向けた織細で複雑な先染めジャカード織物は、産地の得意技術とし

て知られている。

山梨大学と山梨県富士工業技術センターは、伝統的なジャカード織物パターン生成の問題に対して、コンピュータ画像処理による革新的な技術の開発を目指してきた。第1図は、開発中のジャカード織物パターン生成システム「Photo2Fabric」の概観であり、われわれがこれまでに開発した要素技術を実装している。領域分割済みのカラー画像を入力すると、①経

〔第1図〕 ジャカード織物パターン生成システム「Photo2Fabric」概観



糸・緯糸を指定し、②任意の領域に織物組織を対話的に配置し、③局所的な糸の交差回数を可視化できる。これらの技術によって、入力画像の陰影や色調を保ちつつ、デザイン性を持つような新しい織物パターンの作成が実現する。本稿では、これらの各要素技術について解説する。開発技術と上述のシステムによって、郡内織物を中心とする織物産業の再興を願うものである。システムの試用を希望される方は、プロジェクトホームページ¹⁾から筆者までご連絡いただきたい。

2. 織物組織の対話的配置

織物の基本組織である綾織、平織、縐子織に加えて、デザ法²⁾と誤差拡散法³⁾を望む領域に配置できるようにした。各組織は、基本組織のサイズと飛び数、明るさをパラメータとして指定し、任意の組織を適用することができる。

デザ法と誤差拡散法は、印刷の二値化処理で一般に利用される方法である。織物パターンは、経糸および緯糸が一定間隔以内で一度以上交差しなければいけないという制約を受けるが、通常のデザ法および誤差拡散法ではこれに対する考慮がなかった。われわれが提案する織物デザ法および織物誤差拡散法では、この制約を考慮して二値化処理を行っている。

第2図に、織物デザ法で用いるデザマスクの例を示す。デザマスクは画像二値化の閾値を表わし、デザマスクを入力画像と同じサイズに敷き詰めた閾値画像を準備すると、入力画像と閾値画像の各画素を比較して、0（経糸が上）と1（緯糸が上）に変換した画像は織物パターンとなる。RGBなどの要素を持つカラー画像を閾値処理する方法については、本節末で述べる。

第2図に示すデザマスクは、8×8で飛び

〔第2図〕織物デザ法で用いるデザマスク

	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	0	120	180	255	225	135	75

数3の縐子織組織を基本に設計されている。最も明るくなる縐子組織で黒となる画素に255を配置し、半周期ずれた位置に0を配置している。0と255の間は、徐々に値が変化するように値を設定する。このマスクで閾値処理して得られる織物パターンは、一定間隔ごとに0（経糸が上）と1（緯糸が上）のいずれもが出現し、かつ、交差回数が少ないものとなる。

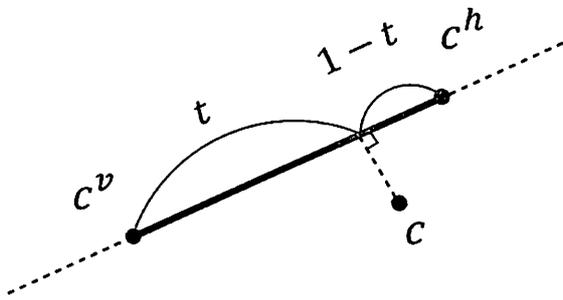
カラー画像の二値化処理には、経糸と緯糸の色に対する表現対象色の色空間上での位置を調べることで求めることができる⁴⁾。色空間上で経糸が c^v 、緯糸が c^h のベクトル値を取る時、両者を結ぶ線分は、経糸と緯糸の露出の割合を変えて表現できる色の範囲を示すことができる。第3図に示すように、表現したい画素値 c から線分に下ろした垂線の足が表現できる色の範囲で最も c に近い色であることから、経糸と緯糸の割合 t は、

$$t = \frac{(c - c^v) \cdot (c^h - c^v)}{\|c^h - c^v\|^2} \dots \dots \dots (1)$$

と計算できる。 $t < 0$ や $t > 1$ も取りうるが、それぞれ c^v と c^h の方が近いことがわかるので、 $t = 0$ と $t = 1$ に修正する。

ただし、ここで画素 (x, y) に与えられるのは、 c^v または c^h のいずれかであり、1画素単位で

〔第3図〕 経糸・緯糸に対する表現対象色の位置



は経糸と緯糸を混ぜ合わせたような色は表現できないが、周囲の画素も含めた領域内で経糸と緯糸の露出の割合を変えることで色を表現することには注意されたい。

t が求められれば、上述のディザマスクによって経糸と緯糸の上下関係を決定することができる。織物誤差拡散法ではさらに、二値化処理して表現しきれなかった色を周囲の画素に誤差として拡散させることで、画像全体で入力画像の色調に近づけようとする仕組みが入る。

3. 経糸と緯糸の指定

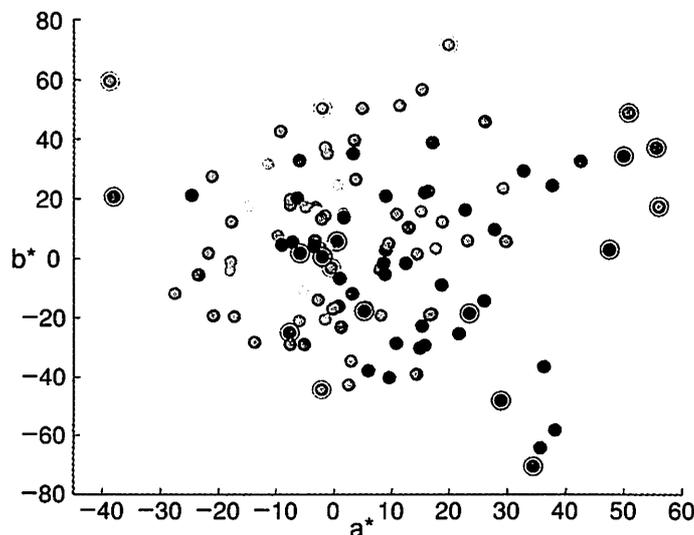
生成されたパターンを織る場合には、利用した糸を色ごとに準備する必要がある。パターン

を生成するために、RGBやCMYKの値によって自由に選択することもできるが、この場合にはできあがったパターンを織り出すために、あとから対応する色の糸を準備する必要がある。これは現実的ではない。そこで実装したシステムでは、保有する糸の色をデータベースに登録しておき、この中から自由に経糸と緯糸の色と数を選択できるようにした。ただし、経糸は織機にセットされる男巻によって決められ、緯糸は給糸装置の数によって制限を受けることを考慮して、経糸は3色まで、緯糸は8色までを利用できるようにした。

4. 局所的な交差回数の可視化

織機は並列化された経糸に対して、緯糸を1本ずつ織り込むことで製織する。経糸と緯糸の一定範囲内での交差の回数が多くなると、緯糸は織り込まれにくくなる。このことは、交差の回数が全体で不均一である時に問題となる。すなわち、交差の回数が多いところでは、交差の回数が少ないところに比べて織り込まれにくいことによって、経糸方向に格子点の位置がずれ

〔第4図〕 実験のために登録した22色の糸



$L^*a^*b^*$ のうちの a^* と b^* を縦軸と横軸に選択してプロットした。同製品には120色の販売がある。○で囲ったものが製織のために準備した22色の糸。

ることが起こる。たとえば、格子点1点ごとに交差を繰り返す平織ではしっかりと織られた固い組織となり織り込まれにくく、交差回数の少ない縹子織では緯糸は織り込まれやすくなる。織物パターンをデザインする時には、あるいは、織機で緯糸密度を決定する時には、パターン全体でどれくらいの交差が起こっているかを考慮する必要がある。一方で、パターン画像上からこれを読み取ることは困難であるので、可視化画像を作成することによって、交差回数の多寡を一目でわかるように提示することを提案する。

格子点 (x, y) を成す経糸と緯糸に対して、この格子点の周辺で何回の交差が起こるかを数え上げる。 $v(x, y)$ は、その格子点で経糸が上なら0、緯糸が上なら1を取る関数とし、 f_h と f_v をそれぞれ経糸と緯糸の交差に関する定数とすると、格子点 (x, y) での交差回数の評価値 $f(x, y)$ を以下のように定義する。

$$f(x, y) = f_h \sum_{dx=-r}^r \delta(v(x+dx, y), v(x+dx+1, y)) + f_v \sum_{dy=-r}^r \delta(v(x, y+dy), v(x, y+dy+1)) \dots\dots(2)$$

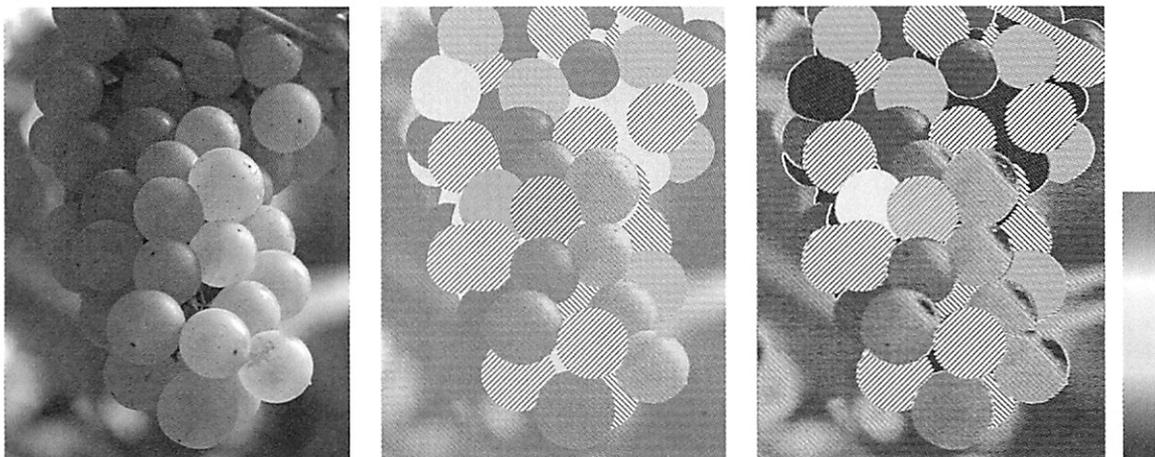
f_h と f_v を設定するのは、経糸の交差と緯糸の交差では、緯糸密度の設定に与える影響が異なるためである。これらの値はユーザーが自由に設定できるようにする。

第5図(a)に示す入力画像に対して、対話的に作成した織物パターンを第5図(b)に示す。これに対して、交差回数を可視化した画像が第5図(c)である(システム上ではカラーで表示される)。生成されたパターン内に他の領域よりも交差回数が特異的に多い領域があることがわかる。たとえば、平織組織が指定されると、交差回数は多くなる。この結果を見て、交差回数が周囲と異ならないような組織に変えることが推奨される。

5. 製織例

第6図に製織結果を示す。選択された3色または4色の緯糸を使って、織物デザイン法と織物誤差拡散法でパターンを生成した。4色を利用した方が織り目の目立つものになり、一概に色数を増やす方が良いパターンを生成するとはいえない。パターン画像上で二値化手法による違いは確かめられないが、製織結果上では、織物誤差拡散法の方が入力画像の色合いをより反映するが、黒つぶれが目立つ結果を示した。表現

〔第5図〕生成した織物パターンに対する交差回数可視化結果



(a) 入力画像

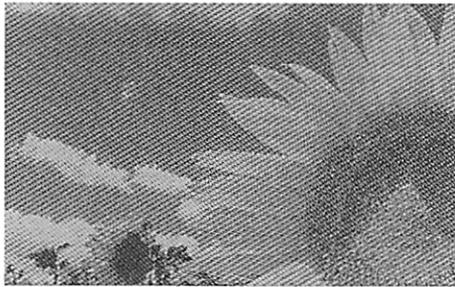
(b) 対話的に生成した織物パターン

(c) 交差回数可視化結果

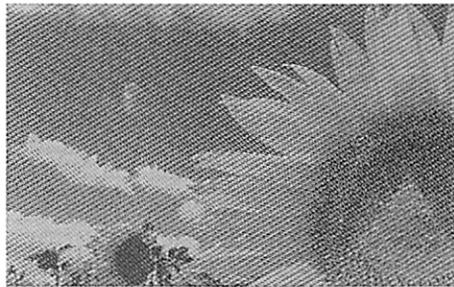
〔第6図〕織物パターン生成と製織の結果



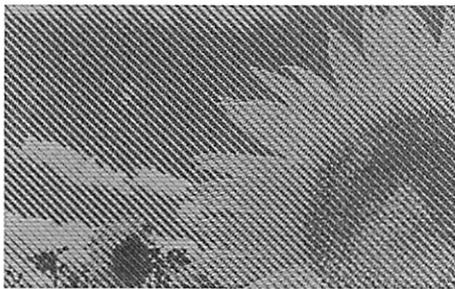
(a) 入力画像



(b) 織物ディザ法 (3色)



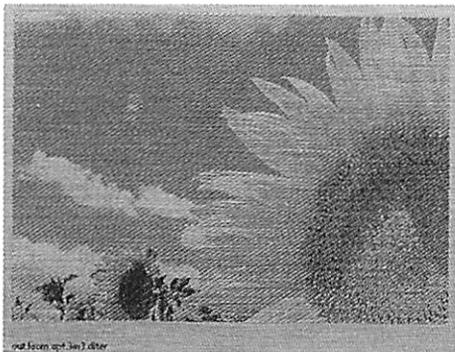
(c) 織物誤差拡散法 (3色)



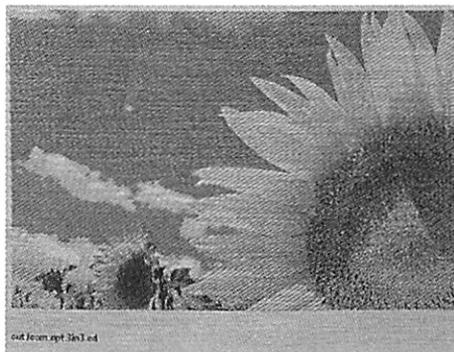
(d) 織物ディザ法 (4色)



(e) 織物誤差拡散法 (4色)



(f) 織物ディザ法 (3色, 製織)



(g) 織物誤差拡散法 (3色, 製織)

対象や望む結果によって、手法を選択することができる。

6. まとめ

開発中のジャカード織物パターン生成システム Photo2Fabric の概要を示し、構成する要素

技術について解説した。同システムは、領域分割済みのカラー画像を入力すると、①経糸・緯糸を指定し、②任意の領域に織物組織を対話的に配置し、③局所的な交差回数を可視化できる。Photo2Fabric によって、入力画像の陰影や色調を保ちつつ、デザイン性を持つような新しい

織物パターンの作成が実現される。

7. 今後の展望

——伝統織物からデジタルファブリケーションへ

国内の伝統織物産業は、安価な海外製品による市場圧迫と後継者不足による技能損失が問題となっている。他方で「デジタルファブリケーション」は、コンピュータ上で設計されたデータから現実のモノを生み出す仕組みであり、近年、大きな盛り上がりを見せている。伝統織物産業をデジタルファブリケーションの枠組に載せることで、種々の問題の解決を試みたいと考えている。

デジタルファブリケーションの中で中心的な役割を果たす3Dプリンタは、コンピュータ上で作成された3次元データをそのまま現実の3次元物体として出力する装置であり、製造業のみならず、医療・ロボット・建築・ファッションなどの産業に新たな展開を与えている。3Dプリンタの盛り上がりには、アメリカ合衆国が2013年に重要国家プロジェクトに指定して巨額の投資を行ったことが大きく寄与している。デジタルファブリケーションは、“少量・多品種・短納期のものづくり”を得意とする。

織物パターンのデザインには、織物パターンの制約やパターンが生み出す織物の風合いなどに関する多くの専門知識が必要であり、これまでは一般消費者自身が設計することはできなかった。また、服飾関連業者も特定の業者との綿密なやりとりによって、ようやく製品を得ることができた。そのため、自分だけの製品（ネクタイやウェディングドレス）を作りたい一般消費者や、少量・短納期を求める服飾関連企業の欲求を満たすことは困難であった。

われわれは、織物をデジタルファブリケーションに昇華させるために、織物パターン作成

を自動化することを目指している。織物をデザインする際の作業データを収集し、コンピュータに作業を学習させ、“コンピュータによる織物パターン自動生成を実現する”ことが最終目標である。単に自動化するだけではかえって産業を圧迫することになるので、特定地域・特定デザイナーの特徴を持った織物デザインを織ることができるようにし、開発したシステムによって新しい種類の織物としての付加価値を提供したい。ノウハウの自動化は、デザイナーの職域を侵して仕事を減らすのではなく、むしろ技術的な可能性を拡大して創作の幅を広げることにつながり、開発された技術を創造性に駆使することによって、新しい職能が発揮できると考える。データ収集の際には、統計情報のみを収集するなど、織物デザイナーや織物企業のノウハウがブラックボックス化されて、知的資産として守られる仕組みが不可欠である。

〈謝 辞〉

本研究の一部は、総務省SCOPE (152103007) および科研費 (25280037) の助成を受けて行われたものである。

——参考文献——

- 1) 織物画像処理；<http://www.vc.media.yamanashi.ac.jp/fabric/>
- 2) 豊浦正広，五十嵐哲也，齋藤豪，寺田貴雅，茅暁陽；“写真からの多色織パターン生成”，Article 1，情報処理学会グラフィクスとCAD研究会（2015）
- 3) 豊浦正広，五十嵐哲也，庄司麻由，茅暁陽；“ジャカード織物作製のための領域内パターン生成と領域間パターン最適化”，Visual Computing／グラフィクスとCAD 合同シンポジウム（2014）
- 4) 豊浦正広，五十嵐哲也，庄司麻由，茅暁陽；“ジャカード織物作製のための制約付き画像二値化”，芸術科学会論文誌，13（3），124-133（2014）