

織物組織のイメージング技術に関する研究

—織物組織図の自動認識技術—

安田篤司 安藤正好

要 旨

織物企画設計作業の高度化・効率化を図るため、織物組織図の自動認識・管理を行うシステムの開発を行い、次の成果を得た。

- (1) イメージスキャナで読み込んだ組織図画像を、コンピュータ画像処理で自動認識を行うプログラムを開発した。
- (2) 認識結果を画像表示し、情報の追加・修正に加えて、組織図の特徴量を計算し、組織図データベースから、近似組織図の検索を行う組織図シミュレーションプログラムを開発した。
- (3) 組織図だけでなく、織物名やキーワードで検索が可能な組織図データベースを開発した。

1. はじめに

織物生産工程における見本作成作業は、時間・コストがかかるため、織物柄のシミュレーションに代表される作業にCADが導入され、使用されている。

CADへのデータの入力には、マウス・キーボードを使用しているが、特に織物の組織情報は、設計書に添付された組織図をCADの画面上に表示された意匠紙に転記して入力を行っている。そのため、複雑な組織の場合は非常に手間がかかっている。

また、織物の組織の場合、組織図は膨大なデータ量で蓄積されているが、体系的に整理されていない場合が多く、織物設計の際、類似の組織の検索に手間がかかっている。

最近ではパーソナルコンピュータ（パソコン）の普及に伴いコンピュータ関連機器も低価格となり、以前高価であったイメージスキャナ等の機器も容易に導入できるようになっ

た。そこで、こうした機器を用い織物企画設計作業の高度化・効率化を図るため、コンピュータ画像処理等を応用して、織物組織図の自動認識手法および組織図情報の管理手法について研究を行った。

2. 実施内容

印刷物等の織物組織図をイメージスキャナでパソコンに取り込み、織物組織図に記載されている情報を画像処理により自動認識し、ファイルに保存する。また、保存ファイルを組織図画像として表示し、さらにデータベースへの登録・検索等の組織図管理を可能とするシステムの研究開発を行った。

2.1 システム開発環境

システムの開発はWindows95をOSとするPC/AT互換機とエプソン製イメージスキャナGT9000を用い、ソフトウェア開発用に、横河エー・ディ・エス製画像処理ライブラリー

WinPALを組み込んだマイクロソフト製VisualC++Ver4.0 (Ver6.0)、またデータベース開発用にマイクロソフト製Access97を用いた。

2.2 開発システムの概要

開発したシステムは図1のように、組織図取り込み、組織図認識、組織図シミュレーション、組織図データベースで構成されている。

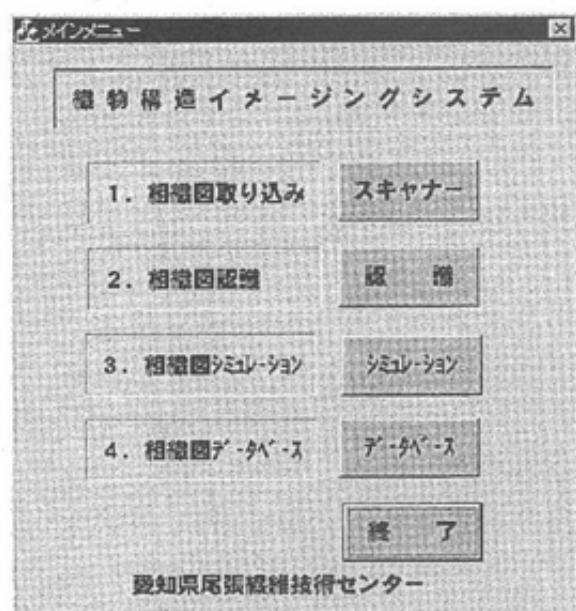


図1 開発ソフトのメインメニュー

以下に個々の要素の概要を述べる。

(1) 組織図取り込み

織物組織図はイメージスキャナーの取込み用ソフトウェアを用い、モノクロ256階調のビットマップ画像として取り込み、ファイルに保存した。

(2) 組織図認識

織物組織図は図2のように、紋柱データ、経通しデータ、綜統枠データ、経・緯配列データ等が記入されている。この情報を画像処理により認識するプログラムを開発した。

このプログラムは、図3のように組織図画像の入力、画像の傾きの補正、組織図の書いてある意匠紙のマス目の交錯点抽出、マス目の粗分類、領域設定、マス目の詳細分類、認識結果の表示・編集・保存の手順で実行する。

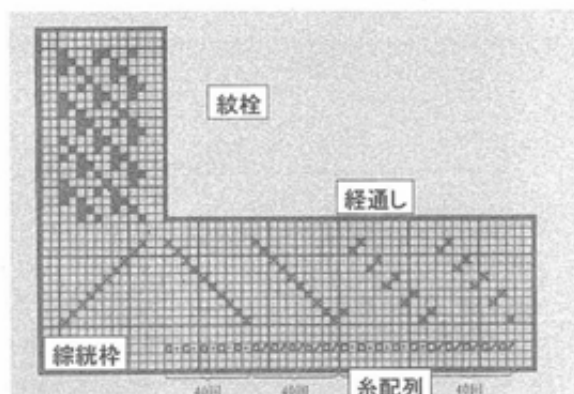


図2 織物組織図の概要

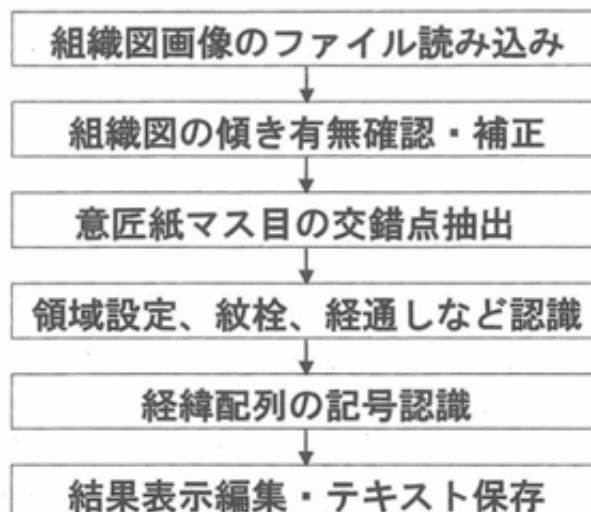


図3 組織図自動認識の手順

なお、取り扱いの可能な画像サイズは4096×4096画素であるが、画像の傾きがある場合、回転作業領域の最大値が4096×4096画素であるため、処理できる最大の画像サイズは、2896×2896画素になる。また、認識できるマス目の数は最大で250×250マスで、一マス12×12画素とした場合、241×241個のマス目が認識可能である。

1) 組織図自動認識

ア. 組織図画像の入力

保存したモノクロ256階調のビットマップ画像を読み込む。

イ. 画像の傾きの補正

補正角度は、原画像を±5度の間で0.2度刻みで回転処理を行い、回転画像の周辺分布曲線(図4(a))の極小点を比較し、

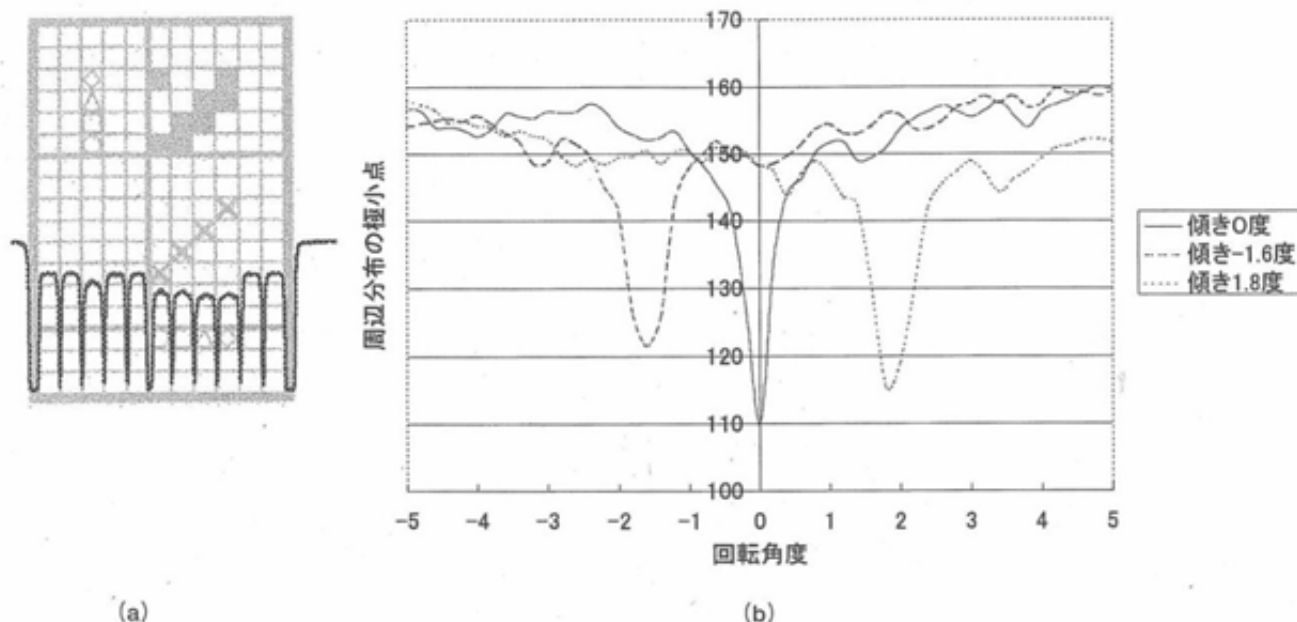


図4 周辺分布曲線(a)と回転角度と周辺分布の極小点の関係(b) (正角度:反時計回りの回転で水平、負角度:時計回りの回転で水平)

図4(b)のようにその値が最小になる角度を求めた。そして、原画像を求めた角度分だけ回転させることにより、画像の傾きを補正した。

ウ. 意匠紙のマス目の交錯点抽出

傾きを補正した画像の縦横方向に周辺分布処理を行い (図5(a))、以下の手順で意匠紙のマス目の交錯点を求めた。

①ピークの判断

周辺分布曲線上のすべての点に対し、対象となる点の前後2点の計5点の平均値を求め、その平均値に一定の係数を乗した値をしきい値とし、しきい値と対象の点の値を比較して、しきい値より小さい値を示す点すべてを抽出した (図5(b))

②連続点の消去

抽出された点の内、連続している点は、連続の最後となる点以外を消去 (データの最後に現れる連続部分は最初の点以外を消去) した (図5(c))。

③異常点の判断・消去

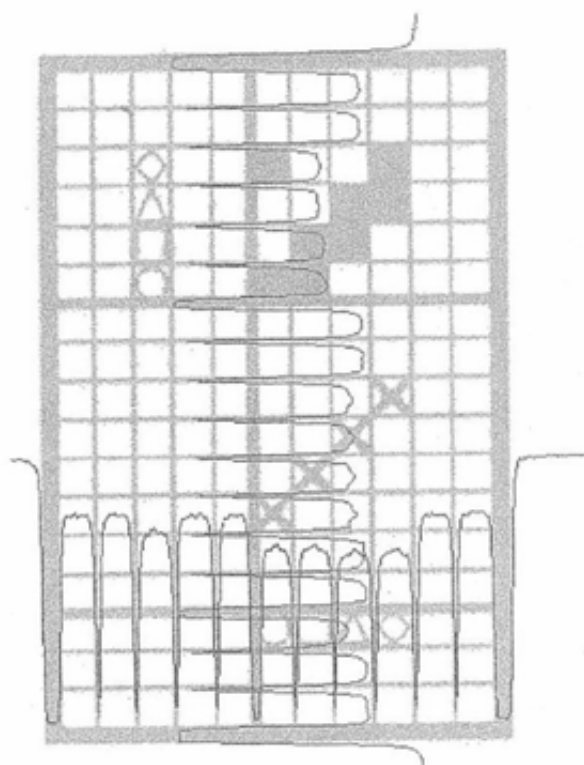
残った点の各点で前後の2点間の間隔と、対象の点以外の3点間の平均間隔を比較して、同じの場合、対象点を異常点として判断し、消去した。

④ピーク座標の補正

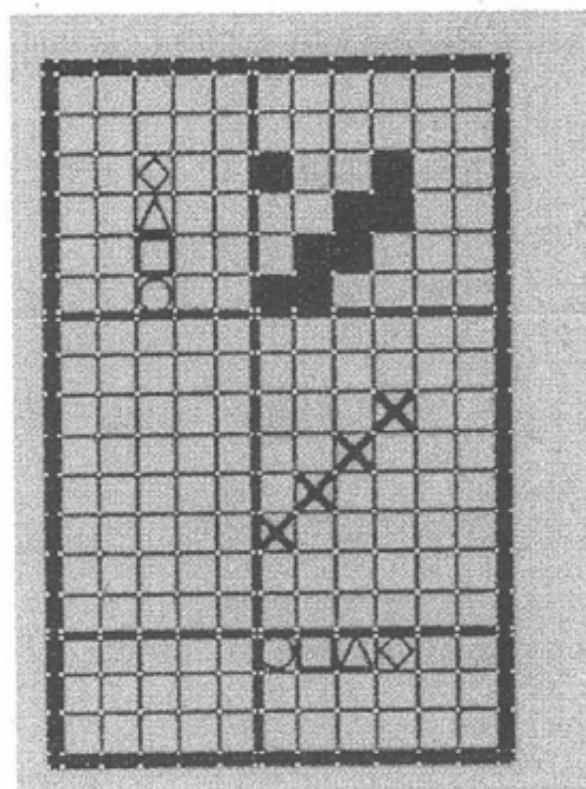
対象の点以前の点の平均間隔と、対象の点の1つ前の点との間隔を比較し、一定値以上の間隔差がある場合、間隔が一定になるように座標点を補正し、マス目の座標とした (図5(d))。

エ. マス目の粗分類

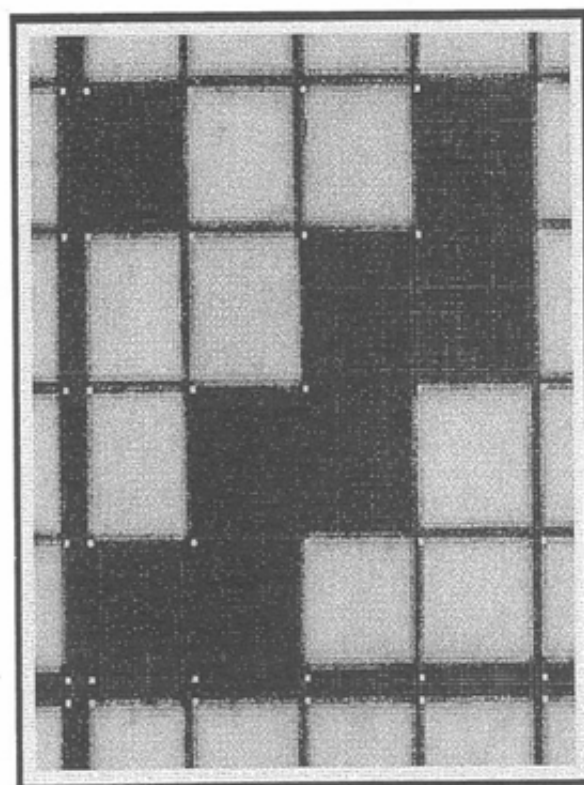
抽出された座標点の間隔から、マス目内の平均サイズを求め、図6に示すように座標より一定画素内側で、マス目の平均サイズから前後に一定画素分を引いた矩形領域の平均濃度を個々のマス目毎に求めた。求めた平均濃度の最大値と最小値を抽出し、個々のマス目の平均濃度との差を計算した。最小値から計算された数値のうち一定のしきい値以下の物を零に置き換え (以後、黒マステーブル)、置き換えられた場所を黒で塗りつぶされた



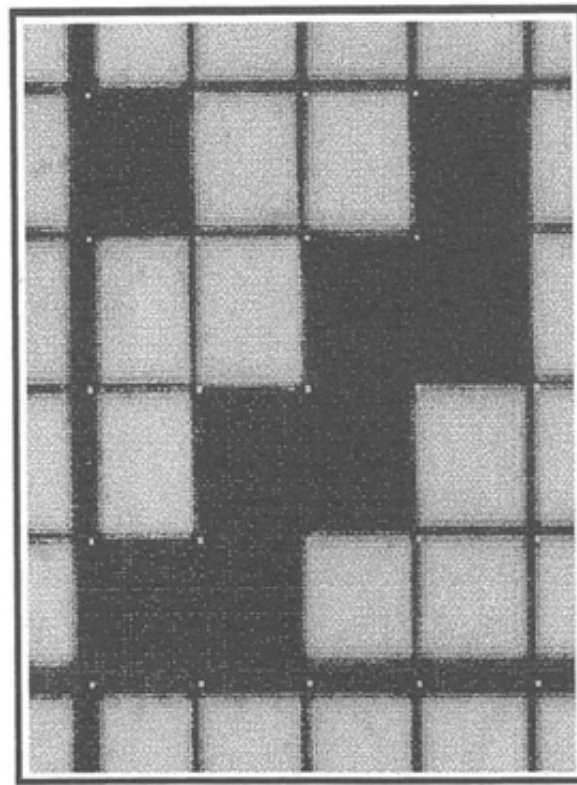
(a)



(b)



(c)



(d)

図5 意匠紙のマス目座標の抽出

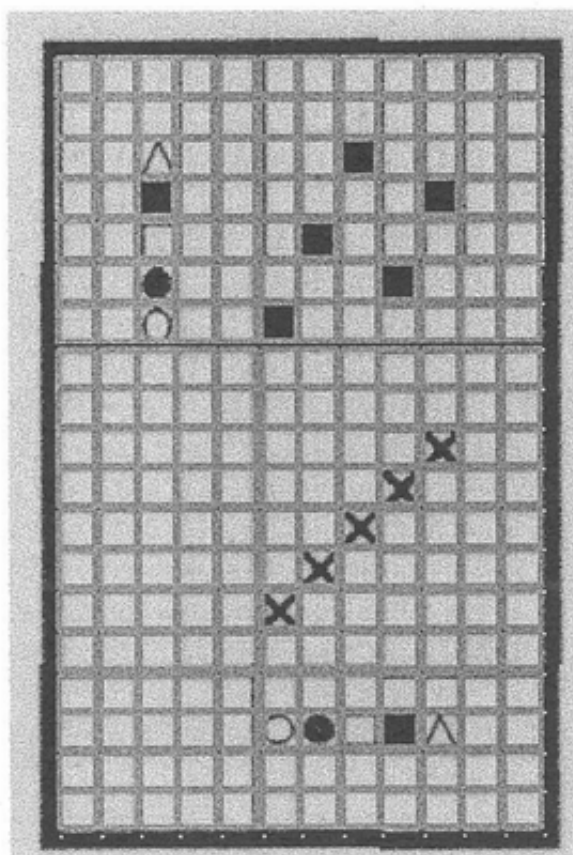


図6 マス目内情報の判定領域（濃いグレーの枠の内側）

マス目（黒マス）と判断した（図7）。また、最大値から計算された数値も同様に零と置き換え（以後、白マステーブル）、置き換えられた場所を何も書かれていないマス目（白マス）と判断し、零に置き換えられなかった場所のうち、黒く塗りつぶされたマス以外の所を黒マス、白マス以外のマス目と判断した（図8）。

才、領域の確定

組織図は図9のように、緯配列データの隣に紋栓データ、紋栓データの下に綜統枠データ、綜統枠データの隣に経通しデータ、綜統枠データ、あるいは経通しデータの下に経配列データが記入されている。また、経・緯配列データは、マス目内の書かれた内容で、それ以外のデータは、何か書かれたマス目の位置で情報を示している。そこで、異なるデータが書かれている領域の間には一マス以上空

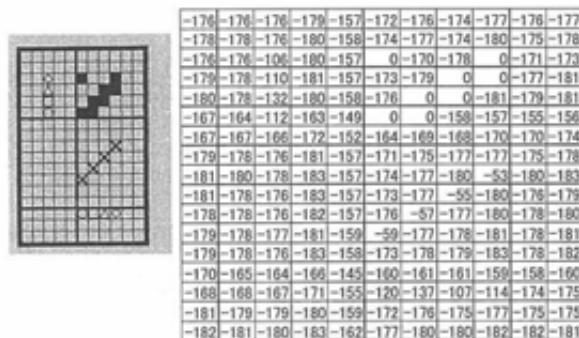


図7 黒マステーブルの例

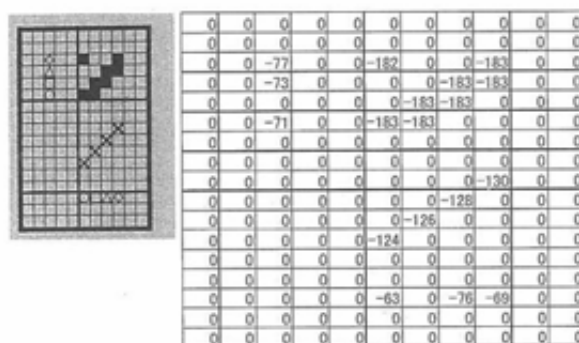


図8 白マステーブルの例

いていることとして、マス目に幅方向・高さ方向に番号を付け、何か書かれているマス目の番号をピックアップすることで領域を確定を行った。

まず、黒マステーブルで、零のマス目の番号をピックアップし、ピックアップされたマス目番号の最小値と2番目に小さい値を比較し、連続した数値であれば最小値が紋栓データ開始マス目番号、不連続であれば2番目に小さい値の紋栓データの開始マス目番号とし、連続している部分の終わりを紋栓データの終了マス

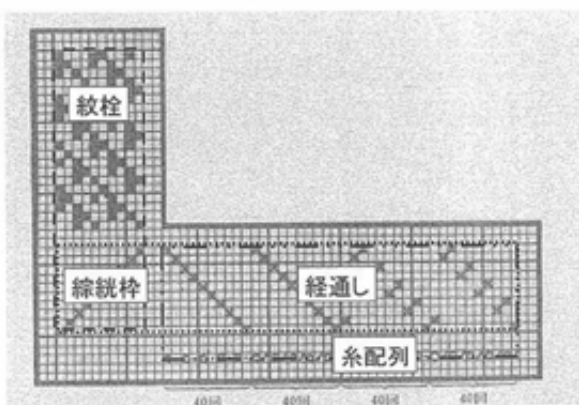


図9 組織図の情報の位置関係

目番号とし、紋柵データの領域を確定した(図10)。次に、白マステータを用いて、紋柵領域のデータから同様の方法で綜統柵領域と緯配列領域の有無を確定した(図11)。そして紋柵領域データと綜統柵領域データを用いて経通し領域を確定した。また、経通し領域がない場合は綜統柵領域のデータを経通し領域のデータとした。最後に経通し領域のデータより、経配列領域の有無を確定した。

確定した領域データにより、経本数、紋柵数、綜統枚数、綜統柵並び、経通し順、色糸リピート数等、組織図データを計算した。

カ. マス目の詳細分類

経・緯配列データ領域では、マス目に書かれている形を判断する必要があるた

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	-173	-174	-176	-176	-172	-173	-146	-145	-146	-148	-149
1	-182	-183	-181	-181	-175	-176	-181	-177	-182	-180	-179
2	-181	-184	-105	-183	-175	0	-173	-176	0	-178	-175
3	-183	-183	-109	-182	-177	-176	-179	0	0	-181	-178
4	-185	-184	-156	-183	-178	-177	0	0	-172	-172	-169
5	-180	-180	-130	-177	-174	0	0	-170	-171	-170	-171
6	-172	-170	-168	-168	-163	-161	-178	-177	-177	-179	-178
7	-182	-185	-184	-184	-178	-177	-170	-174	-172	-175	-174
8	-185	-186	-185	-186	-177	-178	-167	-170	-51	-171	-171
9	-183	-181	-180	-181	-173	-172	-182	-48	-184	-181	-180
10	-177	-177	-174	-174	-167	-171	-50	-183	-184	-183	-181
11	-179	-180	-177	-176	-167	-54	-183	-183	-184	-184	-180
12	-176	-167	-164	-171	-144	-166	-174	-171	-184	-181	-186
13	-168	-157	-154	-157	-134	-153	-171	-168	-178	-178	-181
14	-176	-168	-166	-170	-148	-126	-130	-106	-110	-168	-172
15	-181	-171	-171	-175	-150	-171	-172	-167	-180	-180	-182
16	-181	-172	-172	-176	-151	-173	-176	-172	-183	-183	-183

図10 紋柵領域の確定

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	-81	0	0	-186	0	0	-186	0	0
3	0	0	-77	0	0	0	0	-186	-186	0	0
4	0	0	0	0	0	0	-186	-186	0	0	0
5	0	0	0	0	0	-186	-186	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	-135	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-138	0	0
10	0	0	0	0	0	0	-136	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	-132	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	-60	0	-80	-76	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図11 綜統柵領域の確定

め、経・緯配列データ領域毎で、領域内のマス目のすべてのマス目で相関係数を計算し、一定以上の相関係数を得たマス目を同じ図形が書かれてあるマス目と判断して番号付けを行い、分類した。

キ. 認識結果の表示・編集・保存

確定した各データの領域データから計算された組織図情報を図12のようにテキスト形式で表示し、読み取りミスがある場合は訂正し、ファイル保存できるようにした。ファイル保存形式は、他のエディタやワードプロセッサでも編集できるように、テキストファイル形式を採用した。

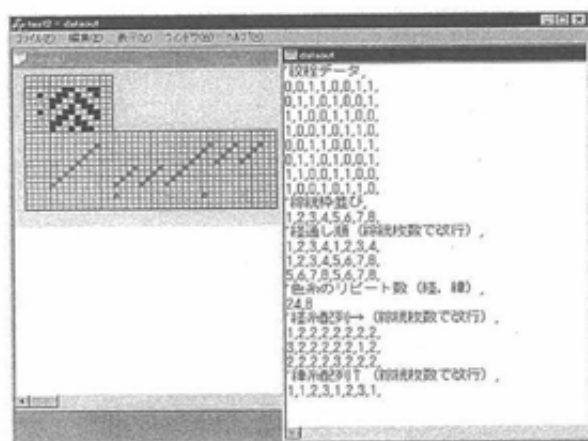


図12 組織図の認識結果

2) 画像認識処理

組織図の紋柵データ領域との位置関係でデータ領域を判断しているため、図13のように組織図の形状を「紋柵データ領域に対

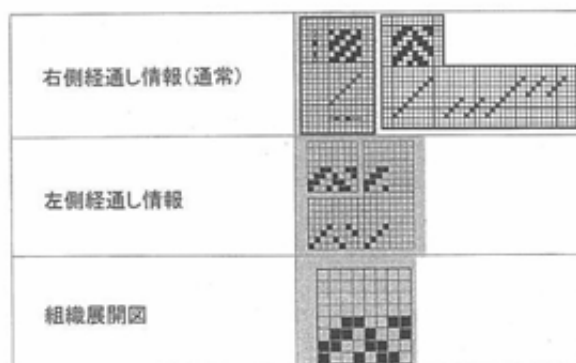


図13 組織図形状の分類

して右側に経過しデータ領域がある場合、経過しデータ領域がない場合で紋柵データ領域の左側に緯配列データ領域がある場合、「紋柵データ領域に対して左側に経過しデータ領域がある場合、経過しデータ領域がない場合で紋柵データ領域の右側に緯配列データ領域がある場合」、「経過し・紋柵データから組織図に展開され、展開図のみが記入されている場合」の3つに分けて、画像処理を行うようにした。なお、展開図処理の場合、紋柵データ、綜統枠データ、経過しデータに分解して表示・保存できるようにし、出力ファイルの書式の統一を図った。

また、画像認識処理は、組織図の形状毎にあらかじめプログラム上で設定しておいた画像処理パラメータを用いて行う「全自動処理（図14）」の他、黒塗りのマスがない場合や、組織図とコントラストがよくない場合を想定して、一部の画像処理パラメータをマニュアルで設定する「半自動処理（図15）」を設定した。「半自動処理」は組織図別の認識処理に加えて、傾きやマス目の座標計算のためのパラメータ設定ができるようになっている。「半自動処理」で設定できるパラメータを表1に示した。

(3) 組織図シミュレーション

組織図認識プログラムで保存したファイルを読み取り、組織図の画像表示・編集や組織



図14 全自動画像認識処理画面



図15 半自動画像認識処理画面

処理項目	設定項目	設定値の概要
画像情報	濃度ピーク判定しきい値	周辺分布のピーク部分を判定するための判定しきい値、5箇所の濃度平均値に乘する係数を入力
	異常マス目座標判定しきい値	マス目の大きさのばらつきの範囲を設定するしきい値、許容するマス目間隔の差の値を入力
	ウィンドウ絞り	測定ウィンドウのサイズをデフォルト値から変化させる画素数を入力
	右側経過し情報(通常)	黒マス/白マス判定しきい値
左側経過し情報	パターン認識しきい値	経・緯配列で同じ模様と判定する相関係数のしきい値を入力
組織展開	黒マス/白マス判定しきい値	黒マス/白マステーブルで黒マス/白マス値と判定するしきい値を入力

表1 半自動画像認識で設定できる画像処理パラメータ

図の検索のための組織図形状パラメータ算出等の処理を行うプログラムを開発した。

このプログラムは、図16のように、ファイルの呼び出し（マウス操作によるデータ入力も可能）、経緯配列、組織図の展開・表示、組織パラメータ抽出、組織データベースからの近似組織検索、データ保存の手順で実行する。

1) ファイルの呼び出し（データ入力）

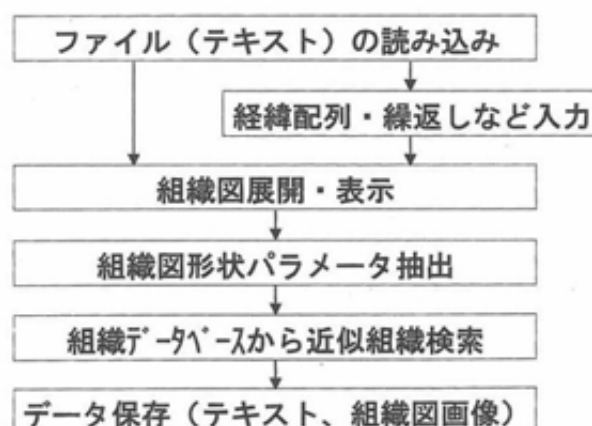


図16 認識結果の表示・データ解析手順

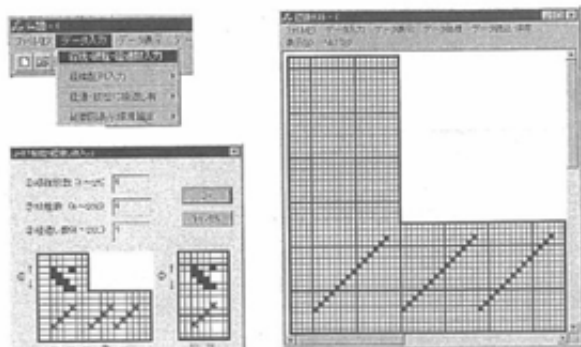


図17 新規組織図入力画面

組織図認識プログラムで保存したテキストファイルを読み込む。また、マウス操作で新規に入力する場合は、紋枠数、経通し数、綜統枠枚数等のデータを入力して、図17のように画面上に表示されている意匠紙にマウス操作で入力する。

2) 経糸配列、繰り返し数入力

新規の経・緯配列の入力、及び経・緯配列の繰り返し部分があれば、図18のようにその入力を行う。

組織図認識プログラムでは紋枠データ、経通しデータ、糸配列の繰り返しを認識することができないため、この部分で入力するようにした。また、組織図とは別に糸配列のデータがある場合でも、新規に入力できるようにした。

3) 組織図の展開・表示

入力された紋枠データ、経通しデータ等から組織図に展開する(図19)。

4) 組織パラメータの抽出

後で説明する組織データベースから類似組織を検索するために用いる組織形状パラメータの計算を行う。

組織形状パラメータは、処理組織図を128×128のサイズに展開し、組織図を二次元のテクスチャー画像として捉え、図20のようなランレングス行列で得られる特徴量を用いた。ランレングス行列は4方向(0°、45°、90°、135°)に、輝度毎に連続している

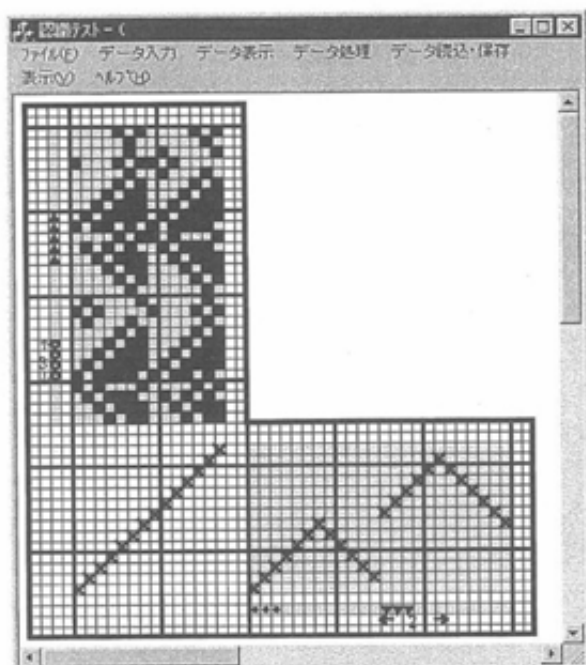


図18 繰り返し情報入力後の組織図の画面表示

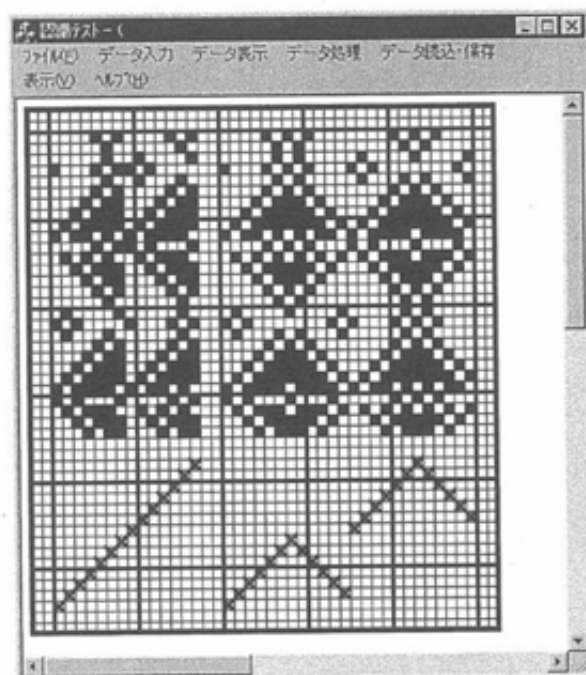


図19 組織図の展開表示

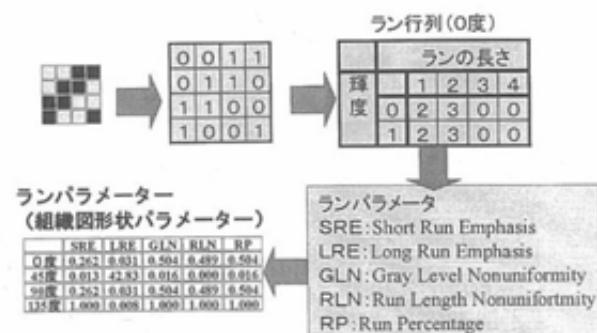


図20 ランレングス行列の列

画素数を求めたもので、輝度と画素数の行列となっている。このランレングス行列から、1方向毎にSRE (Short Run Emphasis)、LRE (Large Run Emphasis)、GLN (Gray Level Nonuniformity)、RLN (Run Length Nonuniformity) の5個のパラメータが計算され、計20個のパラメータが得られる。

5) 組織図データベースからの近似組織検索

組織パラメータ抽出で抽出された20のパラメータを用い、後述の組織図データベースに登録されている組織のパラメータのマッチング処理を行い、図21のようにマッチング度の高い3点の組織を、組織図データベースの組織ID番号で表示する。

6) データ保存

入力・編集した紋栓・経通し等の組織図データを、テキストファイルで保存する。また、表示組織図をビットマップファイル

としても保存できる。

(4) 組織図データベース

組織図データベースは「織物テーブル」と「組織図テーブル」で構成され、「織物テーブル」には、織物名、用途、説明・参考規格等、「組織図テーブル」には、組織図・関連織物・組織図形状パラメータ等の項目がある。このデータベースは、「織物検索」、「組織図検索」のメニューで検索ができる(図22)。

1) 織物検索

織物名、キーワードを織物検索フォームに入力することで、織物テーブルから該当織物を検索する。検索結果例を図23に示す。

2) 組織図検索

前述の組織図シミュレーションで表示された組織ID番号を、組織図検索フォームに入力することで、組織図テーブルから組織図を検索する。検索結果例を図24に示す。



図21 近似組織抽出結果



図23 織物検索結果

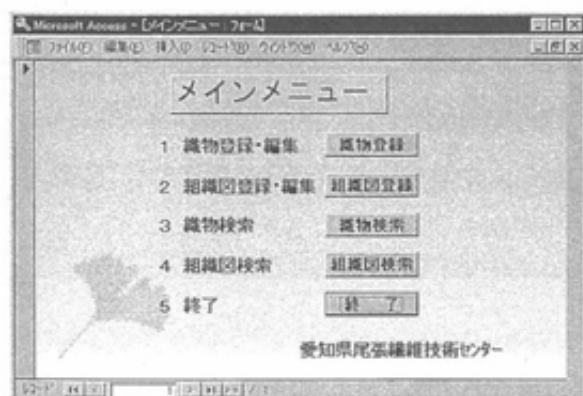


図22 組織図データベースメニュー画面

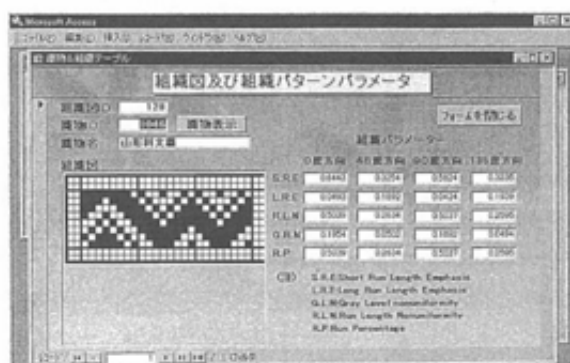


図24 組織図検索結果

3. まとめ

織物企画設計作業の高度化・効率化を図るため、織物組織図の自動認識・管理を行うシステムの開発を行い、得られた成果は次のとおりである。

- (1) イメージスキャナーで読み込んだ組織図画像を、コンピュータ画像処理を用いて自動認識を行うプログラムを開発し、組織図から直接、織物シミュレーションに必要な情報を抽出することが可能となった。
- (2) 組織図シミュレーションプログラムを作成し、認識結果を画面上で表示できるよう

にし、組織図情報の追加・補正を可能とした。また、組織図の特徴を組織図形状パラメータに表し、別途作成した組織図データベースから、近似組織図の検索を行うことも可能とした。

- (3) 組織図データベースを作成し、ID番号で組織図を検索することが可能となった。また、織物情報も併せて登録し、織物のID番号、名前、キーワードから、組織図を含んだ織物情報を検索することが可能となった。