

毛織物自動検反システムの開発

「織欠点」検査技術に関する研究

安藤正好、池口達治、服部安紀

要旨

先染毛織物を検査対象とし、ラインセンサから得られる一次元データ列から織段・筋立ち等の欠点を自動的に検出するために、知識データベースを応用した一次元画像処理技術の研究を行い、次の結果を得た。

- ①ミクロフィルター、ムラフィルター処理等の一次元画像処理技術による織物欠点抽出手法を開発した。
- ②検査を効率的に実施するための知識ベースシステムを構築した。知識ベースの構成要素として、織物規格に関する情報、織欠点に関する情報、一次元画像処理の検査条件に関する情報である。

1. はじめに

毛織物生産工程の中には、単調な作業ではあるが熟練を要する労働集約的な工程が多く存在している。最近の若年労働者はこうした単純作業を極度に嫌い、後継者の育成は極めて困難で、自動化を進めなければならない状況にある。また、これらの労働集約的な工程の自動化は、国際競争力の強化と県内生産基盤の空洞化を防ぐ面からも重要な課題となっている。なかでも検反工程は、製織・染色・整理などの各生産工程で繰り返し行われており、そのほとんどの作業が人手（目視）に頼っているのが現状である。この作業を自動化

することは、省力化を図るとともに製品の品質の均一化を図る上からも、以前から実用化が望まれていた重要なテーマの一つであった。

目視検査の自動化に関する研究は、視覚と脳の働きを機械で代替するもので、高度な機械開発が必要である。この研究の主体は、コンピュータ画像処理技術を応用して、製品の正常と異常を識別するものである。

織物検査に関する研究も無地織物を対象とした研究が多く、通産省の大型プロジェクト「自動縫製システム開発に関する研究」等が報告されている。

毛織物は、素材・組織・密度・色柄などの組み合わせによりその種類は多数存在する。したがって、その検査手法は無地織物に比較し複雑である。個々の織柄に対応した検査アルゴリズムが必要となり、知的情報処理技術を応用した検査システムが要求される。

本研究では、検査対象を毛織物とし、ラインセンサから得られるデータから織段・筋立ち等の「織欠点」を自動的に検出するために、知識データベースを応用した一次元画像処理技術の研究を行った。

2. 実施内容

無地・無地調織物（シャンブレー、シャークスキンなど）及び小柄（経緯1レピートの柄の大きさが約10mm程度）の毛織物を検査

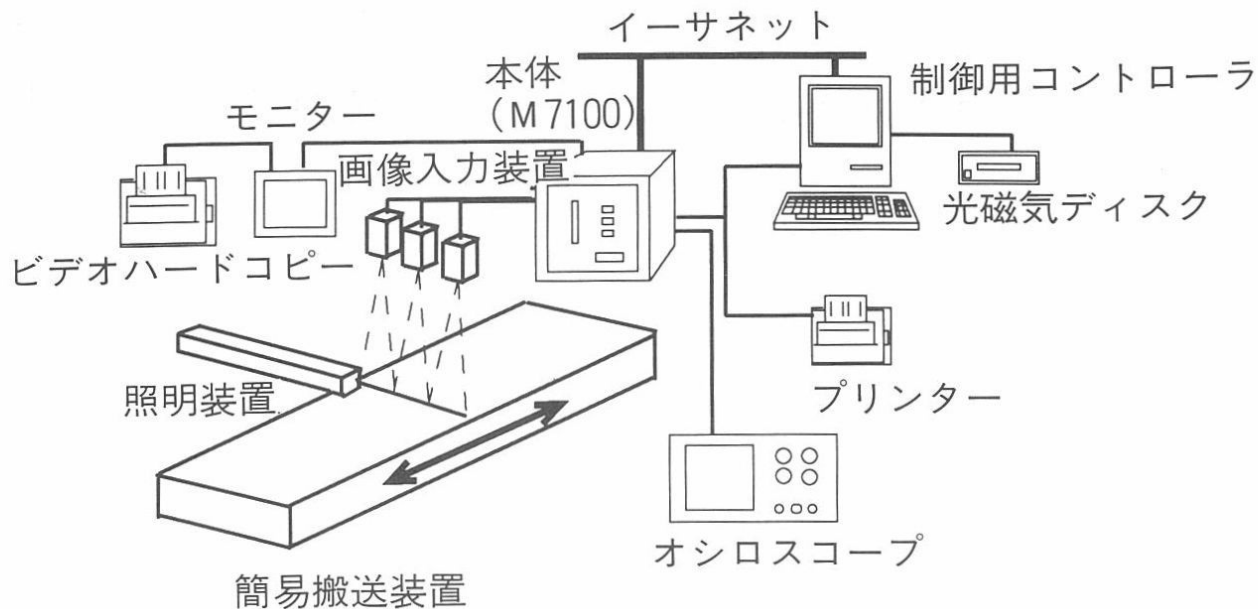


図1 一次元視覚装置(M7100)の構成

対象とし、ラインセンサをベースとした「一次元視覚装置」を用いて、欠点を抽出するための画像処理検査技術の研究を行った。さらに、欠点抽出の効率化を図るため、検査ソフトを支援する知識ベースシステムの構築に関する研究を実施した。

(1) 一次元画像処理技術

入力センサ (CCDラインセンサ、2048画素/台) より取り込まれる画像データは1次元のデータ列で、このデータ列から欠点を抽出するため、空間フィルタ処理あるいは閾値処理等の画像処理法の検討を行った。

ア. ハードウェア (システム全体の概念図を図1に示した)

(ア) 本体 (M7100、(株) 東芝エンジニアリング製)

①CPUボード

CPU: 68030 (25MHz)

RAM: 4MB

I/O: SIO・DIO・LANインタフェースなど

②画像ボード

CPU: 68030 (25MHz)

RAM: 512KB

(イ) 画像入力装置 (ラインセンサカメラ)

CCD: 2048画素 (20MHz、104.2 μ sec/scan)、3台

同期方式: エンコーダによる外部同期

(ウ) 照明

高周波点灯蛍光灯 (20W、点灯周波数: 20KHz)

(エ) 簡易搬送装置

ストローク: 800mm

搬送速度: 0.6m~24m/分

(オ) 制御用コントローラ (PC486HX)

CPU: 486DX2 (66MHz)

(カ) 通信

本体と制御用コントローラはイーサネット及びRS232Cにより接続。

搬送装置に取り付けたエンコーダから出力される信号に同期してラインセンサカメラが画像を取り込む。横方向のカメラの分解能は、織物1500mm/3×2048画像であるので、1画素が0.25mmに相当する。したがって、1画素が矩形になるようにするため、流れ方向の分解能も0.25mmに合わせる。そのためには、カメラに対する同期信号も0.25mmに1回画像取り込みを行うように調整した。

イ. ソフトウェア

(ア) 基本ソフト

画像処理装置：OS 9 / 68000

制御用コントローラ：MS-DOS

ネットワーク：TCP / IPプロトコル

画像処理装置と制御用コントローラは、イーサネット及びRS232Cで接続しており、

ソフト上で切り替えながら画像処理、データ転送などを実行する。

(イ) 画像処理ソフト

単純2値化、マイクロフィルタ、ムラ検出フィルタの各処理を並列に実行し、欠陥の有無を判定する。画像処理ソフトの概念フロー及び各処理の模式図を図2・3に示した。

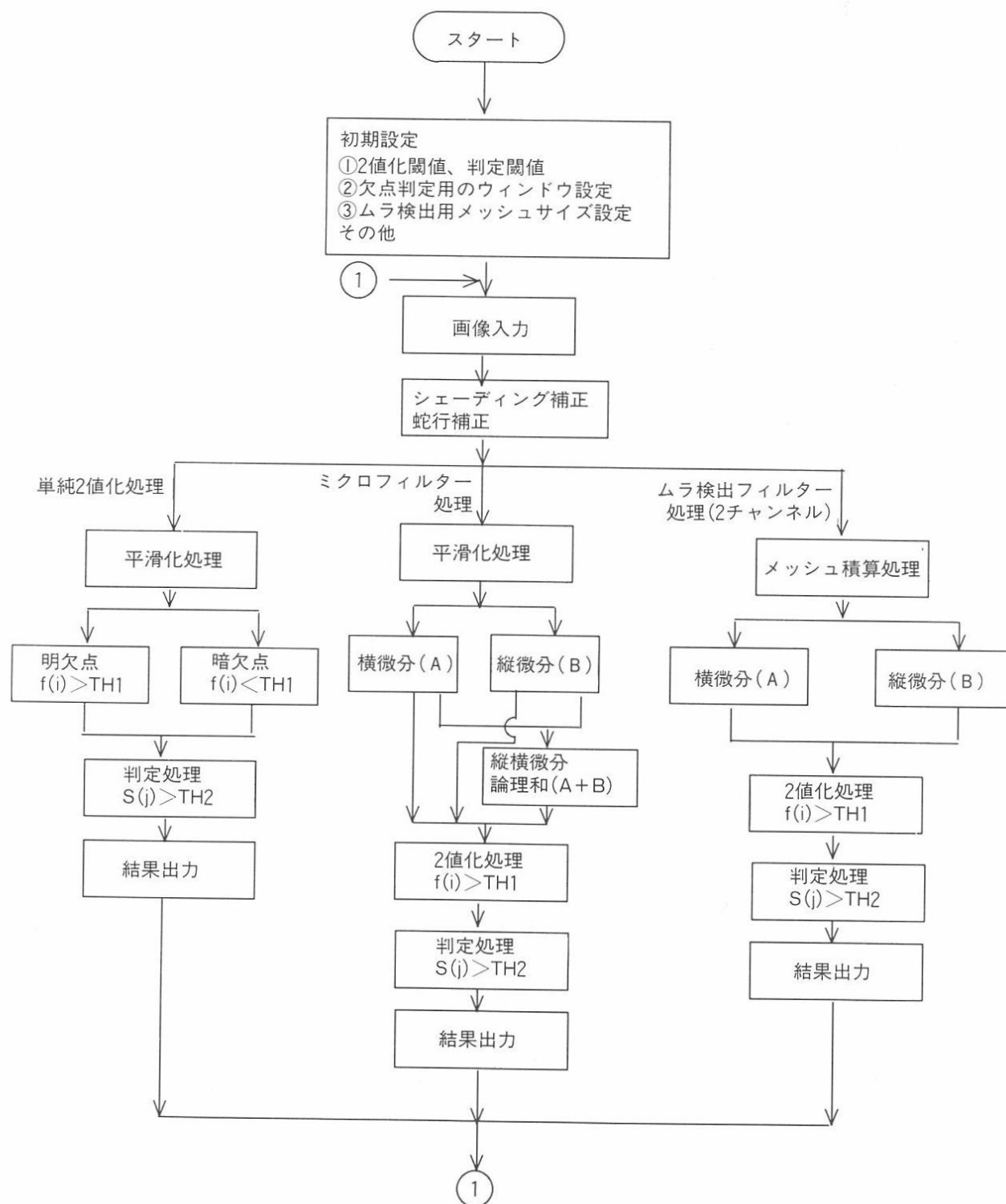


図2 一次元画像処理フロー

①単純2値化処理

汚れ／異物／ピンホール／キズ等の正常部とのコントラストが高い欠陥を検出する。
(図3-a参照)

平滑化処理を行った画像に対し、正常部と比較し明るい欠陥と暗い欠陥をそれぞれの閾値で2値化処理を行う。

②マイクロフィルタ処理

単純2値化処理では検出しにくい微細欠陥の検出を行う。(図3-b参照)

入力画像に対してマイクロフィルタ処理(ソーベルオペレータ $<5 \times 3>$ 、縦・横・縦横)、平滑化処理、2値化処理を行い欠点部を抽出する。ソーベルオペレータは、隣接画素間演算を行う微分処理であるので、狭いエリアでの輝度変化に敏感に反応する特徴を持つ。したがって照明ムラが有って2値化処理では抽出できない画像でも抽出可能な例も多い。

③ムラ検出フィルター処理

ムラ、シミ、汚れ等の正常部とのコントラストが小さく面積が大きな欠陥を検出する。
(図3-c参照)

ムラ検出フィルター処理は、所定の大きさ(縦横4~50画素)のセクターウィンドウを設定し、各セクターウィンドウ内画素の輝度を積算し、セクター値とする。各セクター間でソーベルオペレータ処理(3×3、縦・横強調)、2値化処理を行い欠点部を抽出する。この処理は、個別画素では正常異常の差を強調することができにくい場合でも、所定の面積を積算するためその差を強調することができる。したがって、コントラストが小さくても有る程度の面積を持っていれば欠点を抽出できる特徴がある。

なお、セクターウィンドウは同時に2個設定できる。

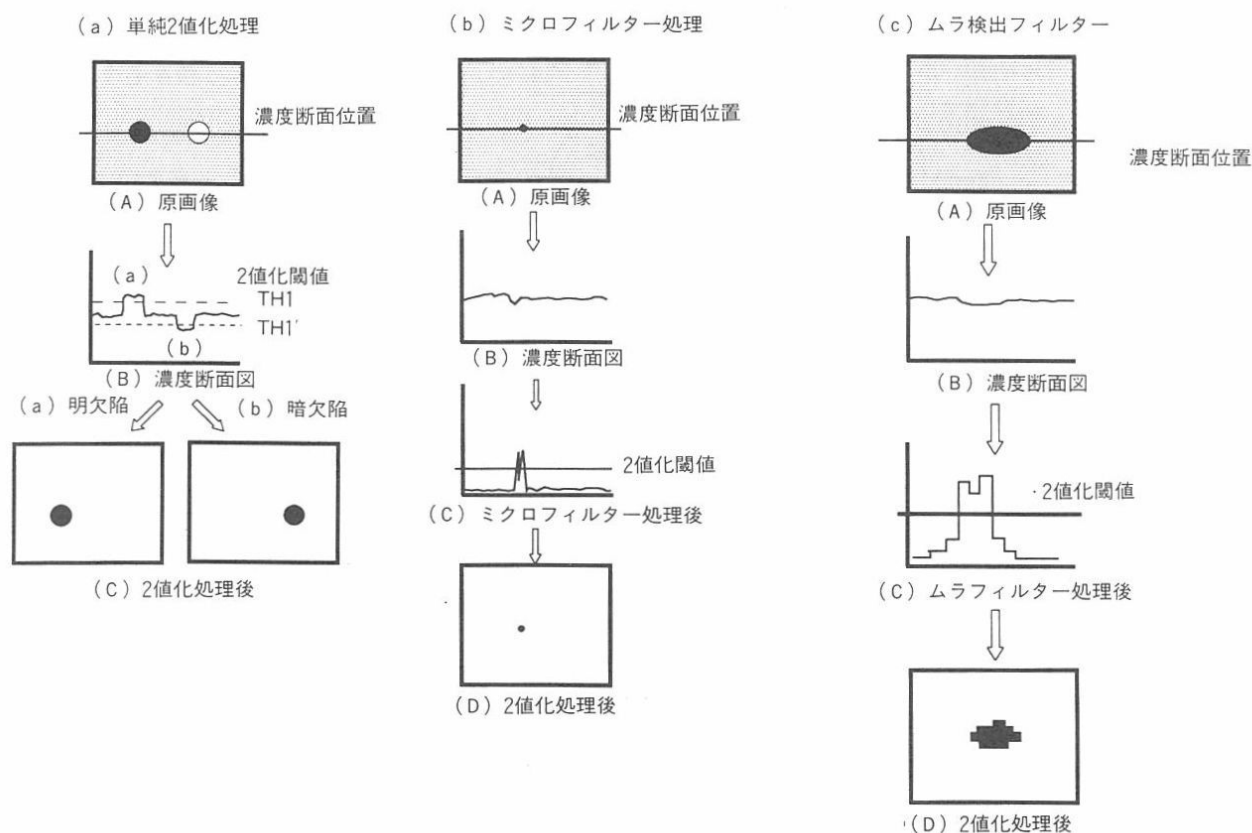


図3 一次元画像処理手法

ウ. 結果

(ア) シミュレーション画像による検討

①無地の色紙（グレー）を用いて、点欠点（直径約1 mm）を作り、単純2値化及びミ

クロフィルター処理、ムラ検出フィルターについて検討した。

その各処理結果を図4に示した。

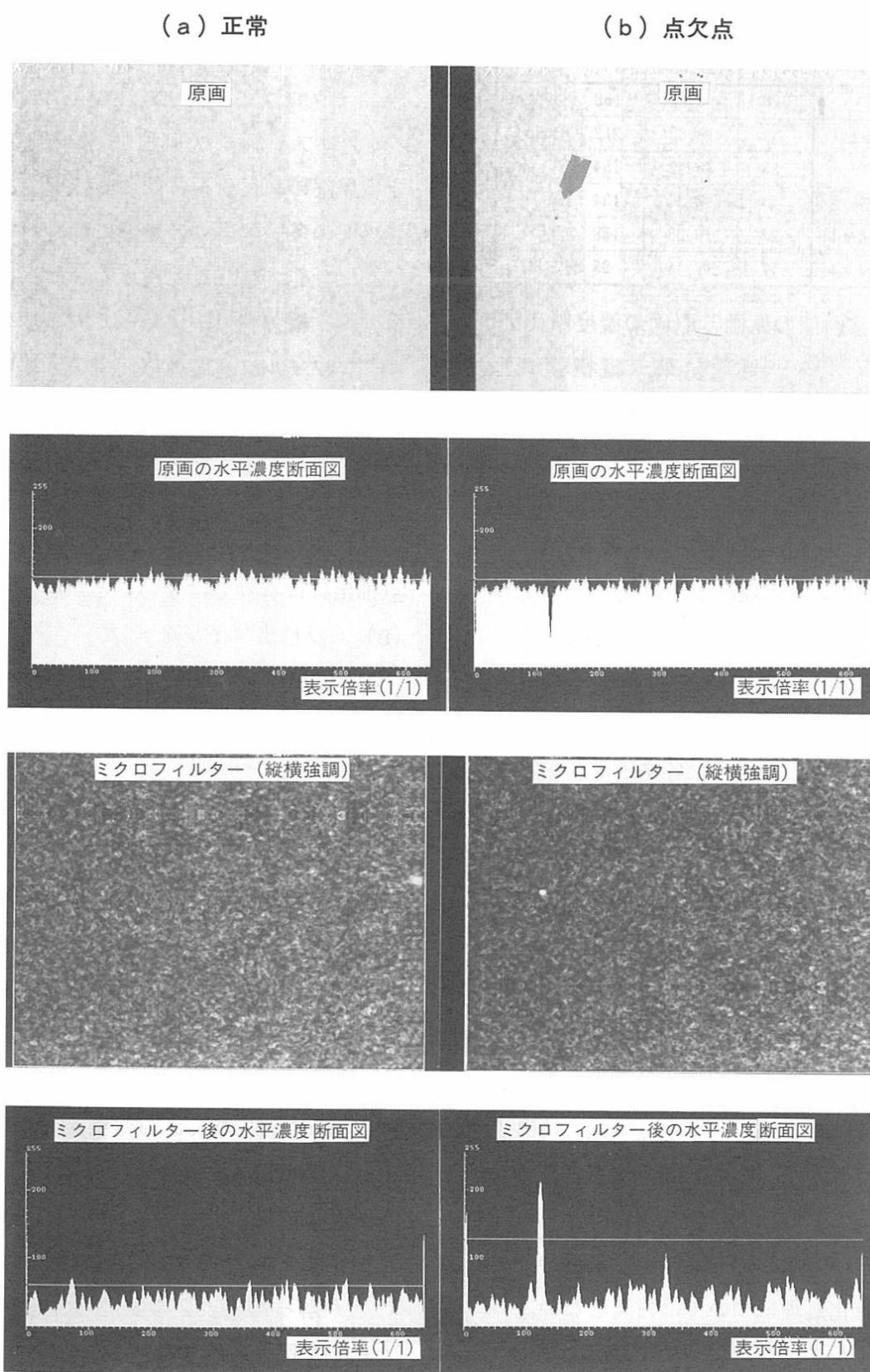


図4 色紙（無地：グレー）による一次元画像処理

表1 色紙（グレー）各処理結果

		平均	標準偏差	最大値	最小値
標準	原画	124	8.72	161	90
	ミクロ（縦横）	43	14.19	139	7
	ミクロ（縦）	24	10.71	104	2
	ミクロ（横）	19	8.52	72	1
	ムラ（横、4×4）	28	19.69	141	0
	ムラ（縦、4×4）	18	13.69	107	0
欠点	原画	120	8.60	158	42
	ミクロ（縦横）	41	13.80	212	5
	ミクロ（縦）	23	10.42	154	2
	ミクロ（横）	18	8.26	134	1
	ムラ（横、4×4）	27	19.25	158	0
	ムラ（縦、4×4）	17	13.44	95	0

(a) は正常画像の原画、原画の濃度断面図、ミクロフィルター処理結果（縦横強調）、ミクロフィルター処理結果の濃度断面図である。

(b) は欠点画像の原画、原画の濃度断面図、ミクロフィルター処理結果（縦横強調）、ミクロフィルター処理結果の濃度断面図である。

各処理画像のデータ（平均輝度・標準偏差・最大・最小：計算領域640×480画素）をまとめたのが表1である。各フィルター処理後の値は、小さければ小さいほど均質な画像と言え、標準試料の値に対して検査試料の値が同程度もしくはそれ以下なら欠点は無いと判断できる。

単純2値化処理に関しては、全ての画像について、原画の最大・最小値± α を明欠陥・暗欠陥の検査閾値とする。この閾値以上あるいは、それ以下の輝度を有する部分を抽出することができる。したがって、以下のシミュレーションあるいは実際の織物についても同様のことがいえるのでそれらの試料については単純2値化処理については言及しない。

ムラフィルター処理については、最小セクターサイズ（4×4）でも安定的に抽出する

ことは困難であった。

②ストライプ及び千鳥等のシミュレーション画像を用い、ミクロフィルター、ムラ検出フィルター処理を検討した。

図5にストライプシミュレーションの原画像と欠点画像、図6に千鳥シミュレーションの原画像と欠点画像を示した。

(A) ミクロフィルター処理

ミクロフィルター処理は、隣接画素の微分で境界部のエッジを強調する処理であるため、境界部の多い画像への処理には有効ではない。

ストライプの場合、表2でも解るように縦横強調、縦強調は縦に走っている柄を強調し、ミクロフィルター処理は使用できない。横強調の場合は、柄にはほとんど影響されず欠点抽出に有効であることが解った。

一方、千鳥の場合は柄が縦横の繰り返しであるため、3種類のミクロフィルターとも欠点抽出には有効ではないことが解る（表3）。

(B) ムラ検出フィルター

ムラ検出フィルターは、セクターウィンドウサイズが処理結果に影響することが予想されその関係について検討した。

ストライプの場合、柄の1レピートのサイズが12画素であるので、セクターサイズの横を12画素に固定し、縦サイズを変えてムラ処理を実施した結果が図7(a)である。セクターサイズによる変化が少ないことが解る。また、セクターサイズの縦を12画素と固定し、横サイズを変えてムラ処理を実施した結果を図7(b)に示した。この結果から柄のレピートサイズで処理結果が最小を示しており、ストライプの場合、横サイズをレピートサイズに設定することにより欠点抽出が可能であることが解った（表2参照）。欠点抽出を行った結果を図5に示した。

また、千鳥の場合、柄の1レピートサイズ

(a) 正常

(b) 線欠点

(a) 正常

(b) 点欠点

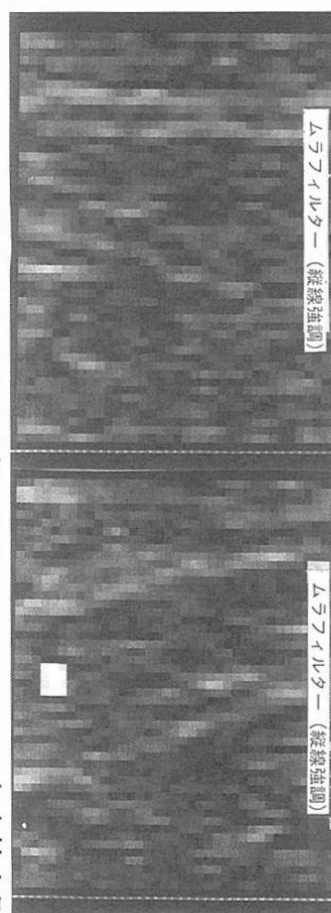
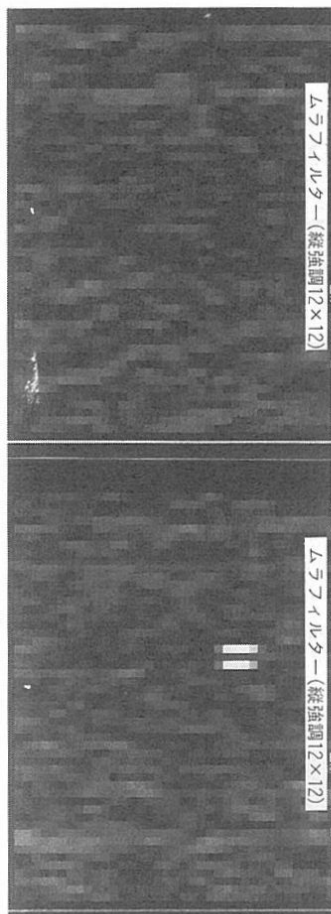
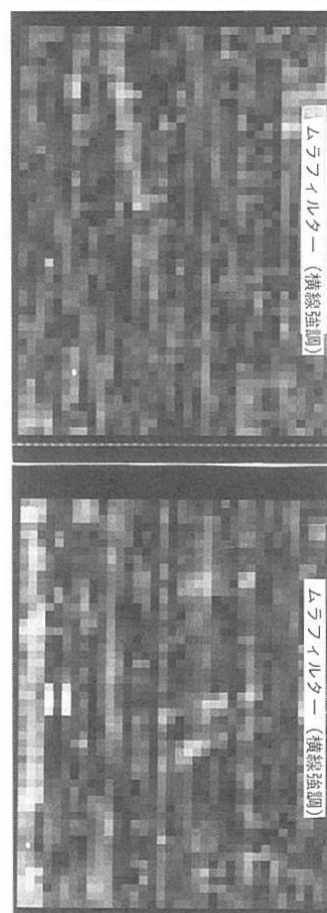
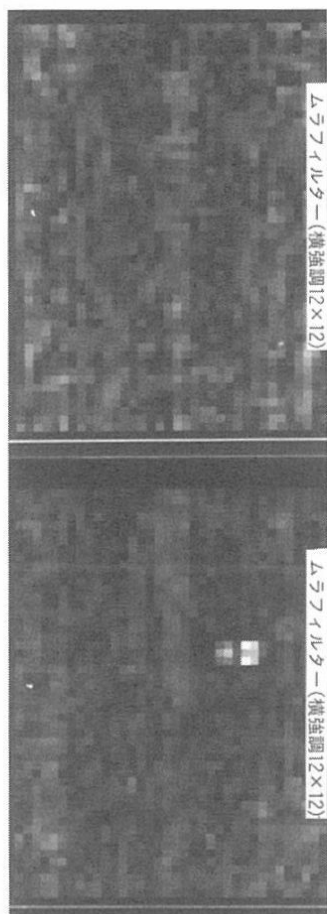
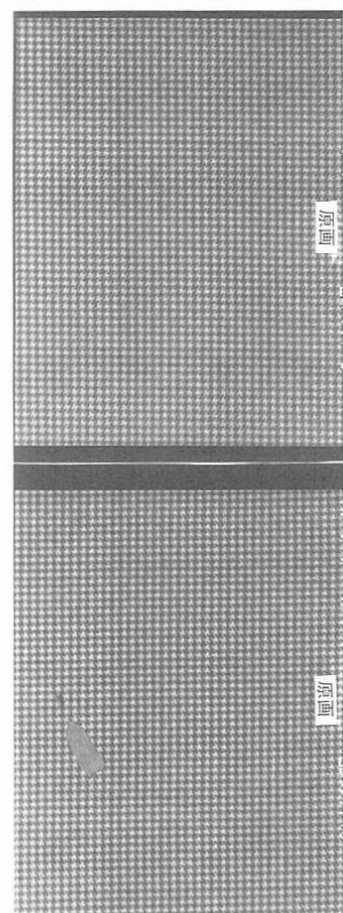
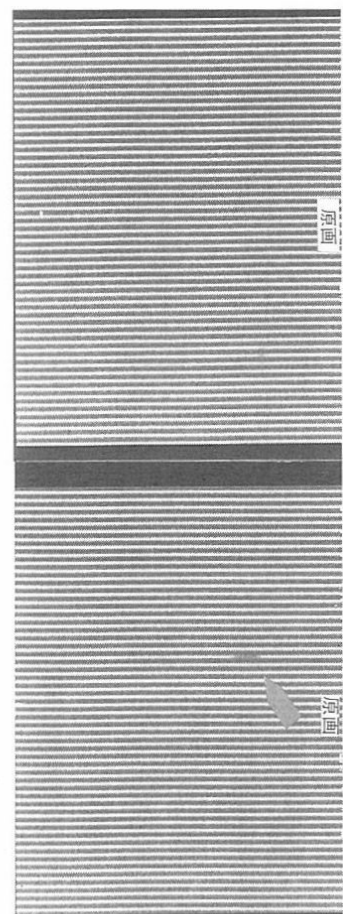


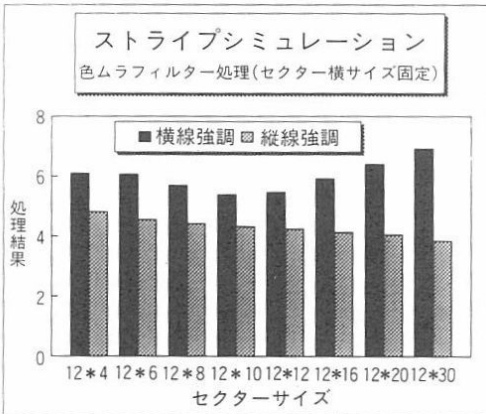
図5 一次元画像処理によるストライプシミュレーションの欠点抽出例

図6 一次元画像処理による千鳥格子シミュレーションの欠点抽出例

表2 ストライプシミュレーション各処理結果

		平均	標準偏差	最大値	最小値
標準	原画	64.2	27.09	125	27
	ミクロ(縦横)	163.6	29.46	205	89
	ミクロ(縦)	158.9	30.02	201	85
	ミクロ(横)	5.4	2.44	27	0
	ムラ(横,12*12)	4.6	3.22	23	0
	ムラ(縦,12*12)	3.0	2.31	14	0
欠点	原画	66.0	28.29	132	26
	ミクロ(縦横)	167.5	29.16	209	51
	ミクロ(縦)	163.0	29.97	202	46
	ミクロ(横)	5.7	2.62	52	0
	ムラ(横,12*12)	5.1	4.64	73	0
	ムラ(縦,12*12)	3.5	4.09	68	0

(a) セクター横サイズ固定(12画素)



(b) セクター縦サイズ固定(4画素)

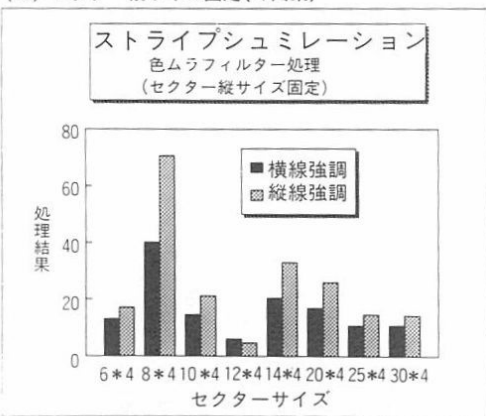


図7 セクターサイズとムラフィルタの関係 (ストライプシミュレーション)

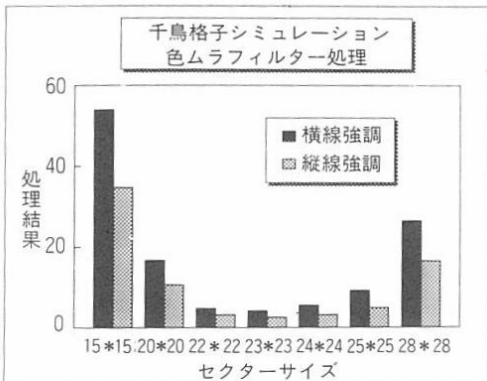


図8 セクターサイズとムラフィルタの関係 (千鳥格子シミュレーション)

表3 千鳥シミュレーション各処理結果

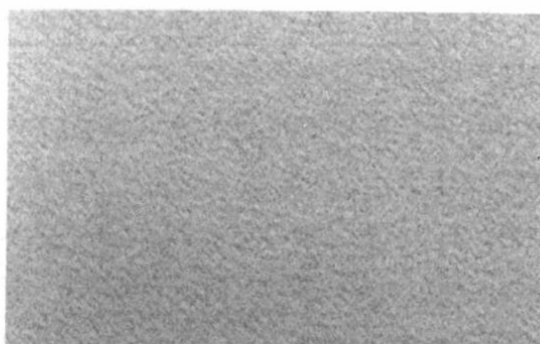
		平均	標準偏差	最大値	最小値
標準	原画	111.9	50.71	204	32
	ミクロ(縦横)	179.8	62.86	255	8
	ミクロ(縦)	131.2	62.39	252	2
	ミクロ(横)	92.3	51.05	254	1
	ムラ(横,23*23)	11.5	9.30	47	0
	ムラ(縦,23*23)	6.2	4.28	18	0
欠点	原画	110.7	50.91	208	34
	ミクロ(縦横)	179.3	63.29	255	8
	ミクロ(縦)	131.5	62.57	253	2
	ミクロ(横)	91.8	50.92	255	1
	ムラ(横,23*23)	7.7	6.06	52	0
	ムラ(縦,23*23)	5.7	4.54	36	0

は縦横23画素である。縦横のレポートサイズを変えて処理した結果を図8に示した。千鳥は、縦横ともセクターサイズをレポートサイズと一致させることにより欠点抽出が可能であることが解った。欠点抽出を行った結果を図6に示した。(表3参照)

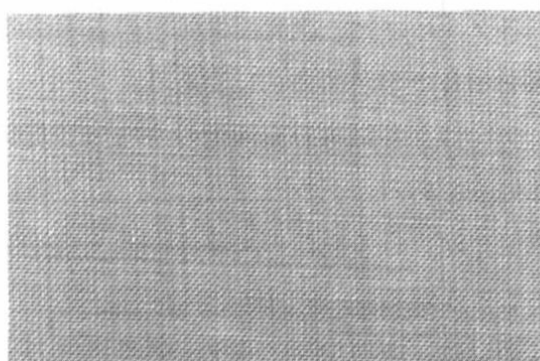
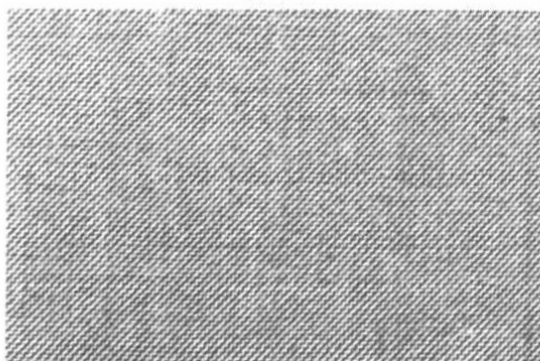
(イ) 織物表面テクスチャーと一次元画像処理手法

織物の表面は、素材・番手・組織・柄・色相などによって特徴づけられる。この表面の特徴と一次元画像処理手法との関連を導くために、数十点の毛織物について検討を行った。その結果、図9に示したような5つの織物タイプに分けることができた。グループAは、規則柄がなく均一な表面テクスチャーを有する織物(例:無地織物)。グループBは、規則柄がなく表面テクスチャーの均整度がやや劣る織物(例:シャンプレー・シャークスキンなどの無地調織物)。グループCは、規則柄がなく表面テクスチャーの均整度が劣る織

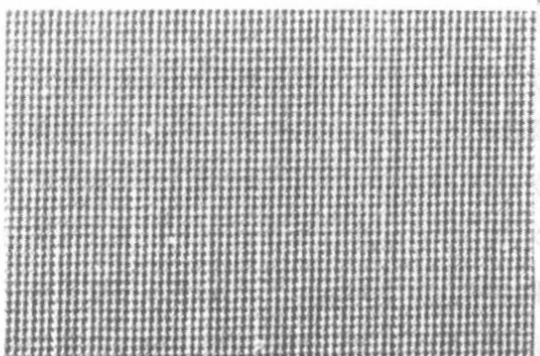
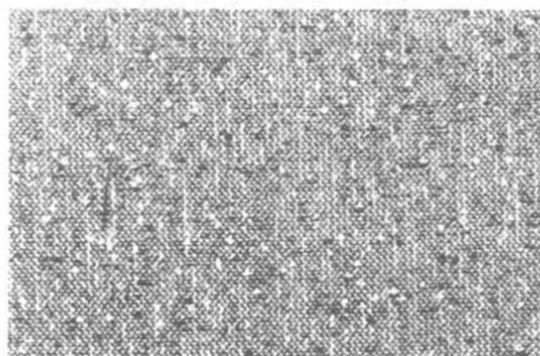
グループ A
(柄無:均整度大)



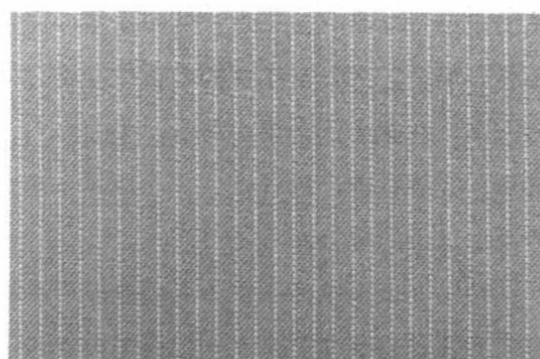
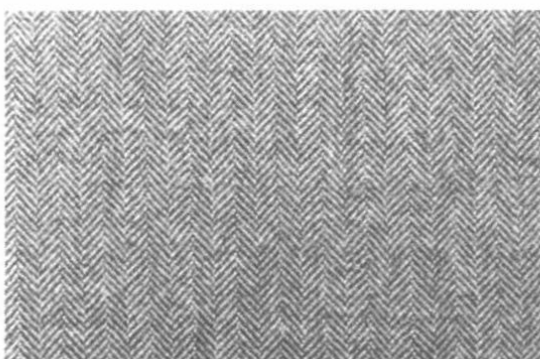
グループ B
(柄無:均整度中)



グループ C
(柄無:均整度小)



グループ D
(柄有:コントラスト小)



グループ E
(柄有:コントラスト大)

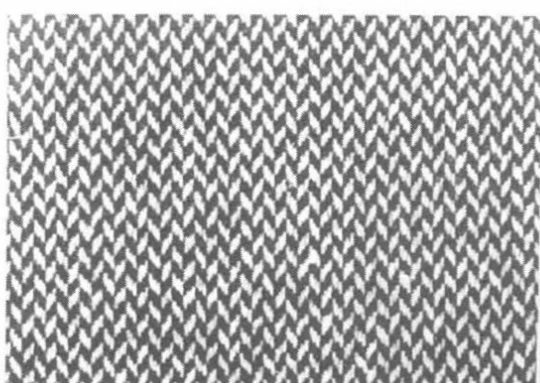
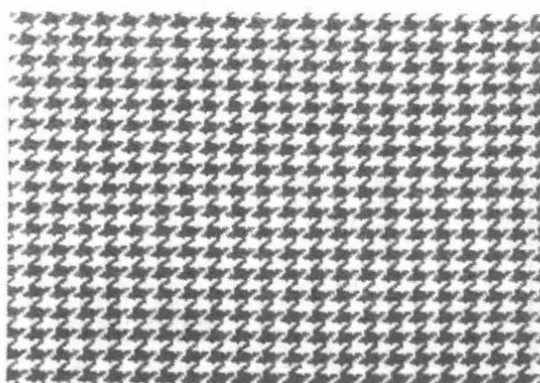


図9 表面テクスチャーにより分類した毛織物の代表例

物（例：意匠糸使いの織物など）。グループDは、規則柄があり、柄と地のコントラストが小さい、柄の面積が小さい織物である（例：ストライプ柄など）。グループEは、規則柄があり、柄と地のコントラストが大きい、柄の面積が大きい織物（例：千鳥格子・杉綾など）。

各グループと一次元画像処理の各手法の関係を示したのが図10～12である。

図10は、各織物の原画像の平均輝度及び標準偏差である。グループA、B、Cの順に標準偏差が大きく画像の均整度が低くなっていることが解る。

図11は、マイクロフィルター処理画像の平均輝度である。グループA、Bはこの処理は有効であると考えられ、両者の違いは表面の均質性の差であるから、欠点抽出の2値化閾値が後者の方が高く設定しなければならない。グループC、Eはマイクロフィルターは有効に働かない例である。また、グループDは、地柄のコントラストが小さい場合は、2値化閾値設定をやや高め、また、柄の面積の面積が小さい場合、ストライプ柄のような場合は柄の方向に注意する必要がある。すなわち、経強調、経緯強調の場合は、マイクロフィルターの適用は不的確である。

図12は、ムラフィルター処理画像の平均輝度である。ムラフィルターは全てのグループで使用可能で、A、B、C順にセクターサイズは大きくする必要がある。D、Eは柄のレピートサイズとセクターサイズを一致させることが重要である。

以上の結果をまとめたのが、表4である。

（ウ）欠点織物検査事例

収集した数十点の欠点織物を前述した各画像処理を実施した。その代表的な欠点の処理結果を表5、図13～17にまとめた。

図13は無地織物の汚れ欠点をマイクロフィルター処理（縦横強調）で欠点部を抽出した例である。図14は無地織物の緯筋（糸一本）欠

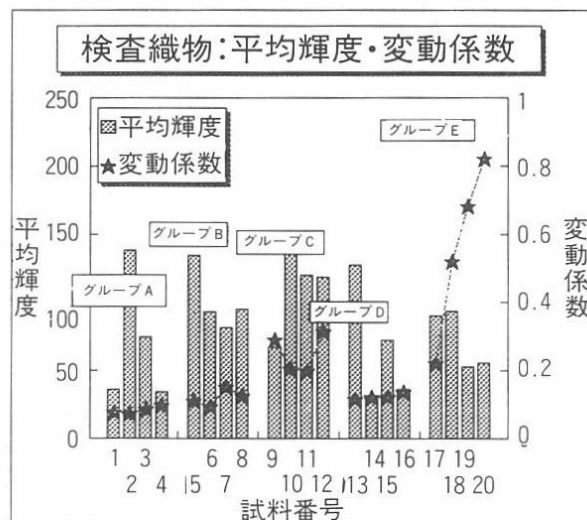


図10 原画像後の平均輝度及び変動係数

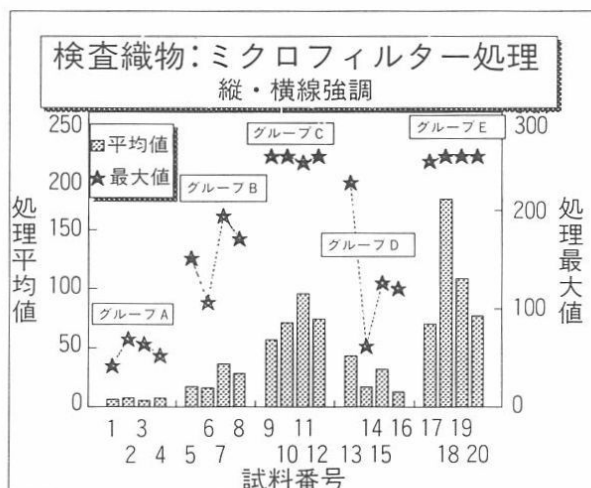


図11 ミクロフィルター処理後の平均値及び最大値

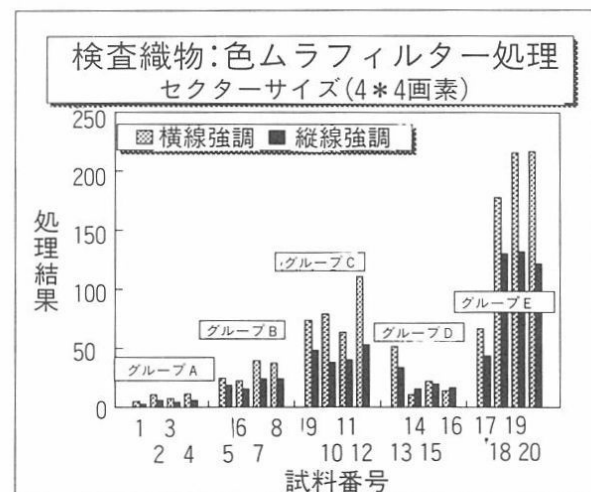


図12 ムラフィルター処理後の平均値

表4 毛織物の分類と有効な一次元画像処理法

グループ	織物の特徴			織物例	有効な画像処理法		
	柄の規則制	均質性	柄／地 コントラスト		単純2値化	マイクロ フィルター	ムラ フィルター
A	無	大		無地織物等	◎	○	◎
B	無	中		シャンプレー等	○	○	◎
C	無	小		空糸・意匠糸織物	×	×	○
D	有		小	ストライプ等	○	○	◎
E	有		大	千鳥格子等	×	×	◎

表5 織物欠点試料一次元画像処理結果

		標準試料				欠点試料					
		平均	標準偏差	最大値	最小値	平均	標準偏差	最大値	最小値	欠点/標準	判定
No. 1 無地織物(A) 点欠点 (汚れ)	原画	100	5.9	126	77	102	5.9	127	68		◎
	マイクロ(縦横)	16	8.33	88	11	36	8.89	99	12	1.13	○
	マイクロ(縦)	15	4.27	42	4	15	4.72	75	3	1.79	○
	マイクロ(横)	20	6.87	62	4	20	7.15	64	4	1.03	×
	ムラ(横、4*4)	11.3		51.1		11.6		104.5		2.05	◎
	ムラ(縦、4*4)	7.3		39.2		7.9		90.3		2.30	◎
No. 2 無地織物(A) 線欠点 (緯筋)	原画	213	8.63	239	178	204	12.21	240	160		×
	マイクロ(縦横)	24.8	9.5	106		31.2	11.62	202		1.91	◎
	マイクロ(縦)	8.3	4.32	40		10.7	5.25	97		2.43	△
	マイクロ(横)	16.1	8.28	85		20	10.33	147		1.73	◎
	ムラ(横、4*4)	15.9		74.8		18.5		128.3		1.72	◎
	ムラ(縦、4*4)	8.7		45.1		10.4		72.4		1.61	△
No. 3 柄織物(D) 線欠点 (経筋)	原画	36.1	4.86	74	23	37	4.54	70	26		×
	マイクロ(縦横)	22.6	16.38	120		22.3	15.62	115		0.96	×
	マイクロ(縦)	13.2	10.5	71		13.1	10.29	71		1.00	×
	マイクロ(横)	9	7.1	71		8.7	6.56	50		0.70	×
	ムラ(横、4*4)	4.5		21		5.2		34.1		1.62	◎
	ムラ(縦、4*4)	3.1		17.7		3.6		36.3		2.05	◎
No. 4 柄織物(E) 線欠点 (緯筋)	原画	43	32.29	147	1	42	30.9	153	0		×
	マイクロ(縦横)	178	46.96	255		159	49.52	255		1.00	×
	マイクロ(縦)	109	41.99	232		103	42.83	234		1.01	×
	マイクロ(横)	93	45.31	231		67	39.81	234		1.01	×
	ムラ(横、4*4)	11.4		46.2		14.6		83.6		1.81	◎
	ムラ(縦、4*4)	7.5		32.4		7.6		31.1		0.96	×
No. 5 柄織物(E) 面欠点 (経ムラ)	原画	53	68.17	157	4	51	34.81	152	3		×
	マイクロ(縦横)	178	46.96	255		173	47.52	255		1.00	×
	マイクロ(縦)	109	41.99	232		106	40.55	235		1.01	×
	マイクロ(横)	93	45.31	231		87.1	43.97	236		1.02	×
	ムラ(横、4*4)	32.7		72.2		30.7		90.9		1.26	△
	ムラ(縦、4*4)	7.2		30.6		11.9		78.6		2.57	◎

図13 無地織物の汚れ欠点(No.1)



図14 無地織物の緯筋欠点(No.2)

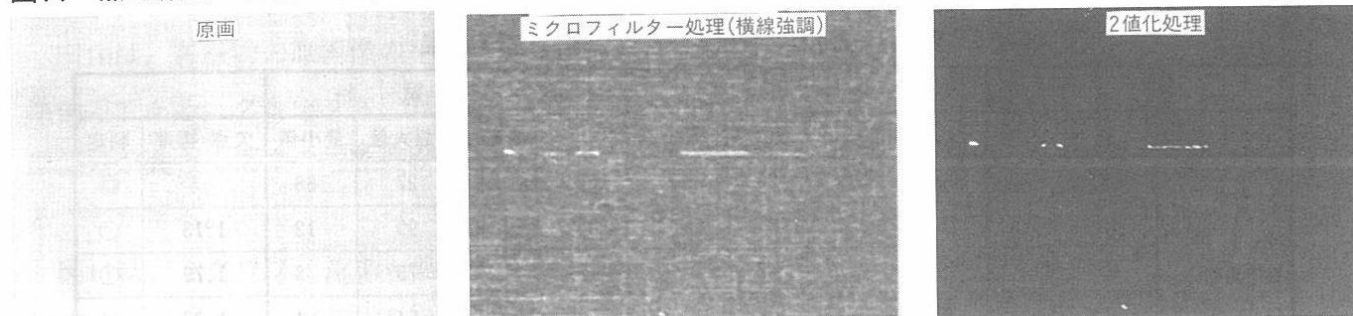


図15 ストライプ織物筋糸切れ(No.3)

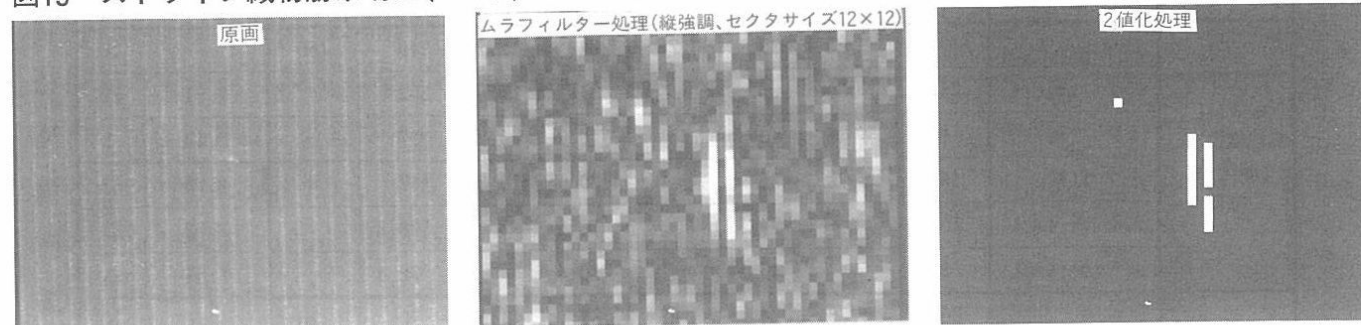


図16 千鳥格子織物緯筋欠点(No.4)

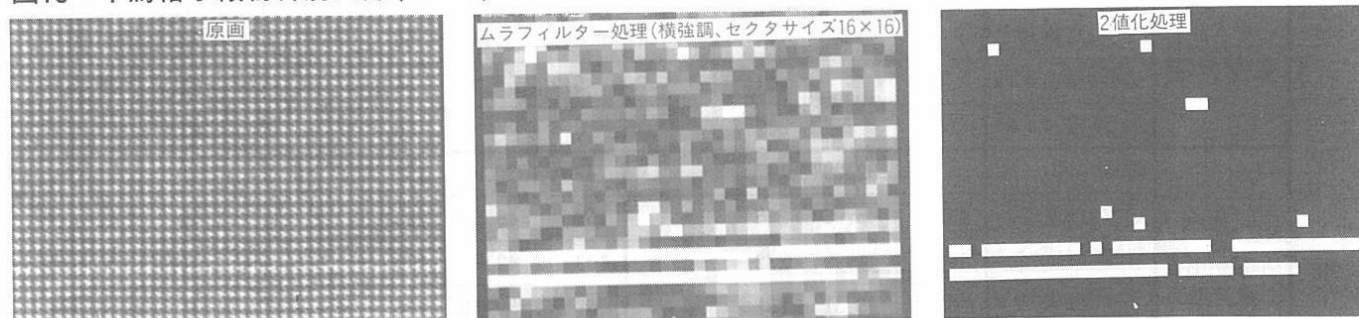


図17 千鳥格子織物の色ムラ欠点(縦方向)(No.1)

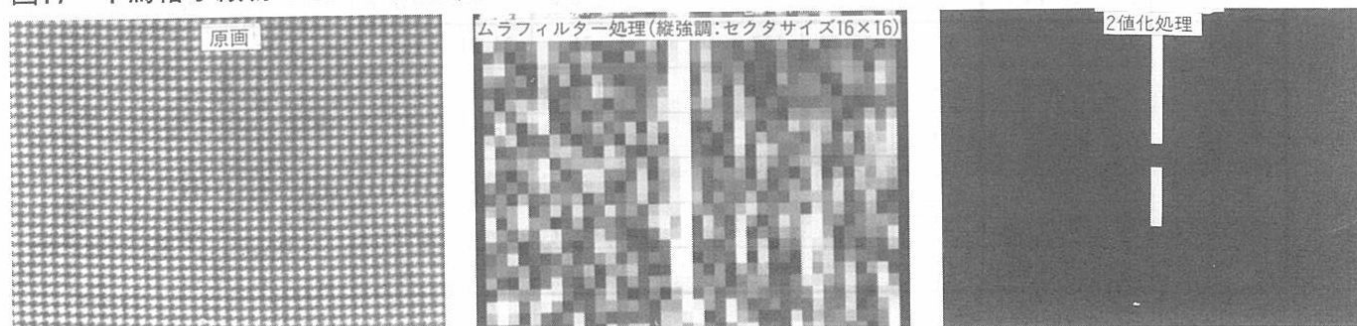


表6 織物欠点の分類と有効な一次元画像処理法

欠点の分類	欠 点 名	単 純 2値化	マイクロフィルタ			ムラフィルタ	
			縦	横	縦横	縦	横
点欠点	穴、ボツ、汚れ、飛び込み等	○	◎	◎	◎	○	○
面欠点	シミ、汚れ、染めムラ等	○	○	○	◎	◎	◎
線欠点(緯)	緯段、糸切れ、糸ムラ等	○	×	◎	○	×	◎
面欠点(経)	経筋、糸抜け、糸ムラ、箆割れ等	○	◎	×	○	◎	×



図18 知識ベース構築システム

点をマイクロフィルタ処理（横線強調）で欠点部を抽出した例である。図15は、ストライプ柄筋糸切れのムラフィルタ処理（横、縦強調、セクターサイズは12×12画素）の処理結果である。図16は、千鳥格子織物緯筋欠点のムラフィルタ処理（緯、セクターサイズ16×16）の処理結果である。図17は千鳥格子織物の色ムラ欠点（縦方向）をムラ検出フィルタ（縦線強調：セクターサイズ16×16）で抽出した例である。

これらの結果から、織り欠点を点・面・線（経方向・緯方向）の4種類に大別し、それぞれの欠点抽出に適した一次元画像処理法の分類を行い、その結果を表6に示した。

(2) 知識ベース構築

一次元視覚装置を用いて多種多様に存在する先染織物の検査を実施する際に必要とされる画像処理のパラメータや検査条件を支援するための知識ベース構築の検討を行った。

ア. ハードウェア（図18）

本体（東芝製：A S 4080/40 T X I）

CPU：S u p e r S P A R K

(40M H z)

イ. ソフトウェア

知識ベース構築ツール

Inference製：A R T - I M / U N I X

知識表現方式：プロダクションルール、
ファクト、スキーマ、
事例ベースなど

開発環境：A R T S t u d i o

運用環境：ディプロイメント・コ
ンパイラ（Cコンパイラ）

ウ. 知識表現及び推論方式

知識ベースを構成する知識は、ファクト、スキーマ、ルールの形式で表現される。

(ア) ファクト

ファクトは知識の要素単位であり最小単位でもある。最も軽い形式の断片的知識を表現するために使用する。ファクトで表現される知識の種類は、ある時点では事実だが別の時点では変化している可能性のある知識、普遍的な固定的知識、推論する際に参照するための知識などがあり、同名のファクトが同時に複数存在することもありうる。ここで用いたファクトの記述内容は、すべて普遍的事実や定量的に表現された客観的情報に基づく知識であり、例えば密度計算用の係数を記述したファクト、色糸の反射率データを記述したファ

クトなどがある。ファクトの生成は、プログラム起動時に常に生成するものと、入力データなどの条件が満たされたときに生成するものがある。また、条件部を満たしたルールによっても生成、削除、修正される。後者の例として、色糸の反射率データに関するファクトがあり、次のように表現される。

(color 色番号 L値 a値 b値)
使用する色糸が多色の場合、colorという名前のファクトが複数存在することになる。色データを参照したいときは、色番号のマッチング処理を行うことにより、該当するファクトの反射率データを抽出する。

(イ) スキーマ

スキーマはいわゆるフレームであり、オブジェクトに関する知識をまとめてグループ化した表現である。オブジェクトは処理対象物をさすが、ここでは検査対象織物の規格、発生する可能性の高い欠点、一次元視覚装置による検査条件をさす。スキーマには複数のスロットと呼ばれる箱を持ち、そこに知識の項目と知識が対になって記述される。スキーマの生成もファクトと同様に、プログラム起動時に常に生成するものと、入力データなどの条件が満たされたときに生成するものがある。また、条件部を満たしたルールによっても生成、削除、修正される。検査を行う織物の規格について記述されたスキーマは、次のようなスロットで構成される。

(schema 織物規格

(原 料 経／緯)
(番 手 経／緯)
(糸構造 経／緯)
(撚 糸 経／緯)
(密 度 経／緯)
(柄) (仕 上)
(組 織) (織 機))

スキーマに記述される知識は、下記の例のように、言葉で表現されたものが多い。特に知識ベースの構成要素の一つである織物欠点に関する知識は、過去の経験に基づいていた、断片的な知識をつなぎ合わせたものであり、厳密に数値によって区別されたものは少なく、むしろ感覚的な言葉で表現されたものがほとんどである。「細い糸は切れやすい」とは簡単に表現できるが、「何番手より細いと切れやすい」と表現するためには多くの実験が必要であるし、一概に数値を特定できない事例もある。したがって今後、対象製品や生産機種などに応じて知識を追加する場合にも、事例を言葉で入力する方式の方が有利であると考えられる。

(schema C-1

(@isa 織欠点)
(欠点名 毛羽糸)
(経原料 梳毛糸)
(経構造 単糸)
(経撚糸 甘撚)
(組織 平織)
(経密度 大))

(ウ) ルール

ルールは推論、判断のための普遍的、公理的知識を記述するために使われる変化しない知識である。IF～THEN～のスタイルにより条件部と実行部が表現される。ルールは次のように記述する。

(rule 甘撚

(?撚係数 < 60)

=>

(assert

(schema 検査織物の規格
(撚数 甘撚)))

このルールは、もし撚係数が60未満なら、スキーマ「検査織物の規格」に「撚数は甘撚

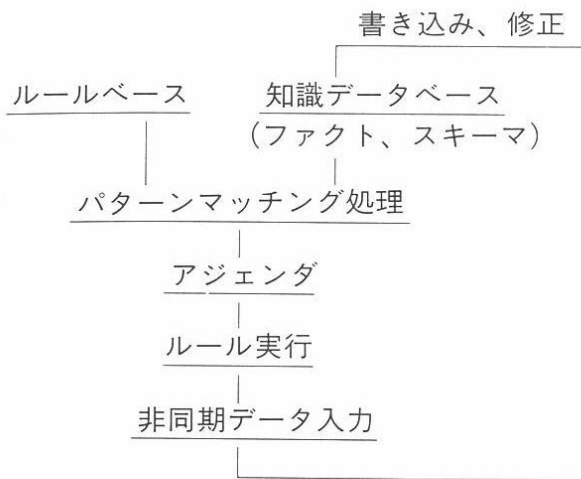


図19 知識ベースの推論機構

である」というスロットを追加する、という内容を表す。実際は番手と撚数のデータが入力されると撚係数を計算するためのルールが発火し、その後で初めてこのルールが発火することになる。

このルールのように定量的に表された規格データをわざわざ定性的で曖昧な言葉による表現に置き換えるルールがいくつか含まれている。この理由は前述したとおり欠点に関する知識が言葉により表現されており、規格に関する知識表現も言葉により表現することによりマッチング処理が可能となるからである。

(エ) 推論方式

開発した知識ベースの推論機構は図19に示すように、ファクトやスキーマで記述した知識と、すべてのルールの条件部とのパターンマッチング処理を行う、いわゆるデータ駆動型推論をベースにしている。パターンマッチング処理をして条件部を満たして発火したルール及びファクトまたはスキーマの組み合わせは、一旦アジェンダと呼ばれるメモリーに登録される。アジェンダ内のルールの実行部は優先度の高い順に実行され、一連の処理を繰り返す。

ウ. 織物検査支援知識ベース

知識ベースの構成要素として、織物規格に

関する情報、織欠点に関する情報、一次元画像処理の検査条件に関する情報の3点があり、これらの情報を基にして知識ベースを構築した。

(ア) 織物規格に関する情報

これから検査を行おうとしている織物の素材・番手・撚糸方法・組織・密度・柄・色・仕上げ方法など、主に織物設計書から得られる規格データから構成される。プログラムを起動すると規格データの入力画面が表示され、設計書データを入力すると規格に関する情報が知識ベースに追加される。

(イ) 織欠点に関する情報

織欠点がどういう規格の織物に発生しやすいかといった知識によって構成される。欠点の発生原因は、規格条件だけでなく、例えば機械調整の不備なども原因の一つにあげられるが、開発した知識ベースは使用目的が限定されており、織欠点と規格との関係に的を絞って構築した。知識の収集は、主として文献調査、専門家のヒアリング調査によるものであり、細い糸は切れやすいというような常識的な知識も含まれる。また、その欠点が点状、線状、段状、面状のうちどのように見えるかといった一次元画像処理条件を導くのに必要な情報も含まれる。

織物の欠点は生産工程での人為的なミスによって発生するもの、製造機械に起因するものの、織物規格条件が複合して発生するもの等がある。原因が一つに特定できない欠点もあるが、主となる原因別にこれらを分類した。結果を表7～9に示す。人為的なミスによるものは、汚れのように管理が不適当であるために発生するものや通し違いなど生産過程でのミスによるものが含まれる。製造機械に起因するものは、張力など機械調整の不備によるものが含まれる。人為的なミスによる欠点

表7 主として人為的なミスが原因の欠点

欠点名	見え方	包 括 欠 点 名
ドビー崩れ	点	組織違い、綾崩れ、柄崩れ、ヘルド落ち
つなぎ節	点	継ぎ目、結び目
糊かす	線	
停止段	線	よこ枕、ゆるみ段、枕、あや枕
緯糸連込み	線	
緯糸抜け	線	緯糸2本並び、ダブルピック
口合わせ違い	線	
通し違い	線	引き込み違い
糸汚れ	線・段	油、さび、かび、スモークヤーン
異原糸	線・段	混紡率違い、ロット違い
異番手	線・段	太糸、細糸
異撚糸	線・段	強撚、甘撚
色違い	段	色段
油剤斑	段	
もつき段	段	織り付け不良、傷戻し不良
糸くず跡	面	糸屑巻き込み

表9 主として規格が原因の欠点

欠点名	見え方	包 括 欠 点 名
毛玉	点	ピリング
すくい傷	点	浮き織り、浮き糸
スラブ	点	節糸
バー	点	
ネップ	点	風綿撚込み
ビリ糸	線	セット不良、スナール
目寄れ	線	生機寄れ、寄れ
へゲ糸	線	ストリップ
毛羽糸	線	

と製造機械に起因する欠点は通常、織物規格とは無関係に発生すると考えられる。しかし、規格との関係について有為な相関性があれば積極的に知識ベースに登録することとした。例えば織物の規格によって人為的なミスが発生する可能性が増加したり、色柄によって機械調整の不備による欠点が目立ちやすくなるようなものである。

織物規格条件によるものは、規格との関係がほぼ明確にされている欠点である。例えばすくい傷は、開口が不十分な経糸の上下を緯糸がまたいで挿入されてしまう現象で、経糸が単糸や甘撚で毛羽が多い場合や、組織が平織のときに発生しやすいと言われている。ある規格の場合に常に発生するとは限らないが、発生する可能性が高まるという知識である。

(ウ) 一次元画像処理に関する情報

検査を行おうとする織物の色や柄の大きさや形など規格に関する情報と、その織物に含まれる可能性の高い欠点の情報とから導き出される、一次元視覚装置のパラメータや検査条件などの情報である。織物の外観の状態と検査条件との関係は、あらかじめ実験により求めた。

エ. 結果

(ア) 知識ベースの概念フロー

知識ベースの目的は、これから検査を行お

表8 主として機械調整不良が原因の欠点

欠点名	見え方	包 括 欠 点 名
緯糸切れ	点	打ち切れ
テンブル切れ	点	
経糸切れ	線	
箆筋立	線	目立ち、リードマーク、箆荒れ、箆割れ
小むら	線	雨筋
センターホーク筋立	線	ホーク傷、センターホーク緩み
異常糸筋立	線	
経糸抜け	線	経切れ
張力筋立	線	張力ムラ
経糸つり	線	つまり、しまり
緯糸つり	線	緯引け
リングずれ	線	
整経筋立	線	
杼間	線	杼間段
テンブル筋立	線	テンブル傷
引き揃い	線	
フック筋立	線	
経糸ゆるみ	線	
緯糸ゆるみ	線	
織込み	線	異物、風綿
撚斑	線・段	片撚、かべ
大むら	段	番手斑
周期むら	段	
混紡斑	段	
厚段	段	
薄段	段	
機械段	段	むら段、とら段

うとする織物の規格データから、一次元視覚装置の最適な検査条件やパラメータを導き出すことである。開発したシステムの主な処理内容は、次のとおりである。

①検査する織物の色、柄など外観に関するデータから検査条件、閾値、処理サイズなどを選択する。

②規格データから発生している可能性の高い欠点を求め、その欠点を抽出する画像処理アルゴリズム、判定閾値などを設定する。

構築した知識ベースの概念フローを図20に示す。

始めにこれから検査を行う織物の規格設計情報を入力する。入力方法は2通りから選択でき、ひとつは設計書に書かれてある項目を一つずつ入力する方法で、単発的な商品や新規の商品の検査に適する。もうひとつは反番を入力し、あらかじめ反番と規格情報が登録してある製品管理ファイルと照合して規格データを検索する方法で、定番商品や反数が多い商品の検査に適する。入力した織物企画設計情報は、次のように織物規格というスキーマに追加登録される。

(s c h e m a 織物規格

(経原料 梳毛糸／紡毛糸／綿糸／・・・)

(経構造 単糸／双糸／フィラメント・・・)

(経密度 大／中／小)

(経番手 細い／普通／太い)

(経撚糸 甘撚／普通／強撚)

(組織 平織／綾織／朱子織／・・・)

(仕上 クリア／ミルド／起毛／・・・)

(柄 シャンブレー／千鳥格子／・・・)

(柄の見え方 見え方)

e t c.)

規格設計情報は織物欠点に関する事例ベースと照合し、発現する可能性の高い欠点名を推測する。織物欠点に関するデータベースは、織物の種類や規格と発生しやすい欠点の名前との関係のような織物の専門家の知識と、過去の欠点発生事例から構成されている。専門家の知識は一般的事実に限られることが多いので、中心となる取扱品目に応じた欠点知識を中心に知識を充実するためには、欠点発生事例を蓄積することが必要である。下記のすくい傷のスキーマと上記の織物規格のスキーマをマッチング処理すると、組織、経撚糸、経構造、経密度と、多数のスロット内容が一致しており、高いマッチングスコアが得られる。このようにマッチングスコアが高い欠点名が上位から選出され、検査基準値スキーマに追加登録される。

(s c h e m a C-2

(@ i s - a 織欠点)

(欠点名 すくい／・・・)

(経構造 単糸／・・・)

(経撚糸 甘撚／・・・)

(組織 平織／・・・)

(経密度 大／普通／小)

(見え方 点／線／面)

e t c.)

規格設計情報のうち色データ、色糸配列、組織など色柄に関する情報は、織物表面の平均輝度、柄の1リピートサイズなどが求められ、検査基準値スキーマに追加登録される。検査基準値スキーマは、規格設計情報と欠点情報とから導き出された検査織物の状態に関する情報を、画像処理スキーマとマッチング処理しやすい形式にまとめたものである。

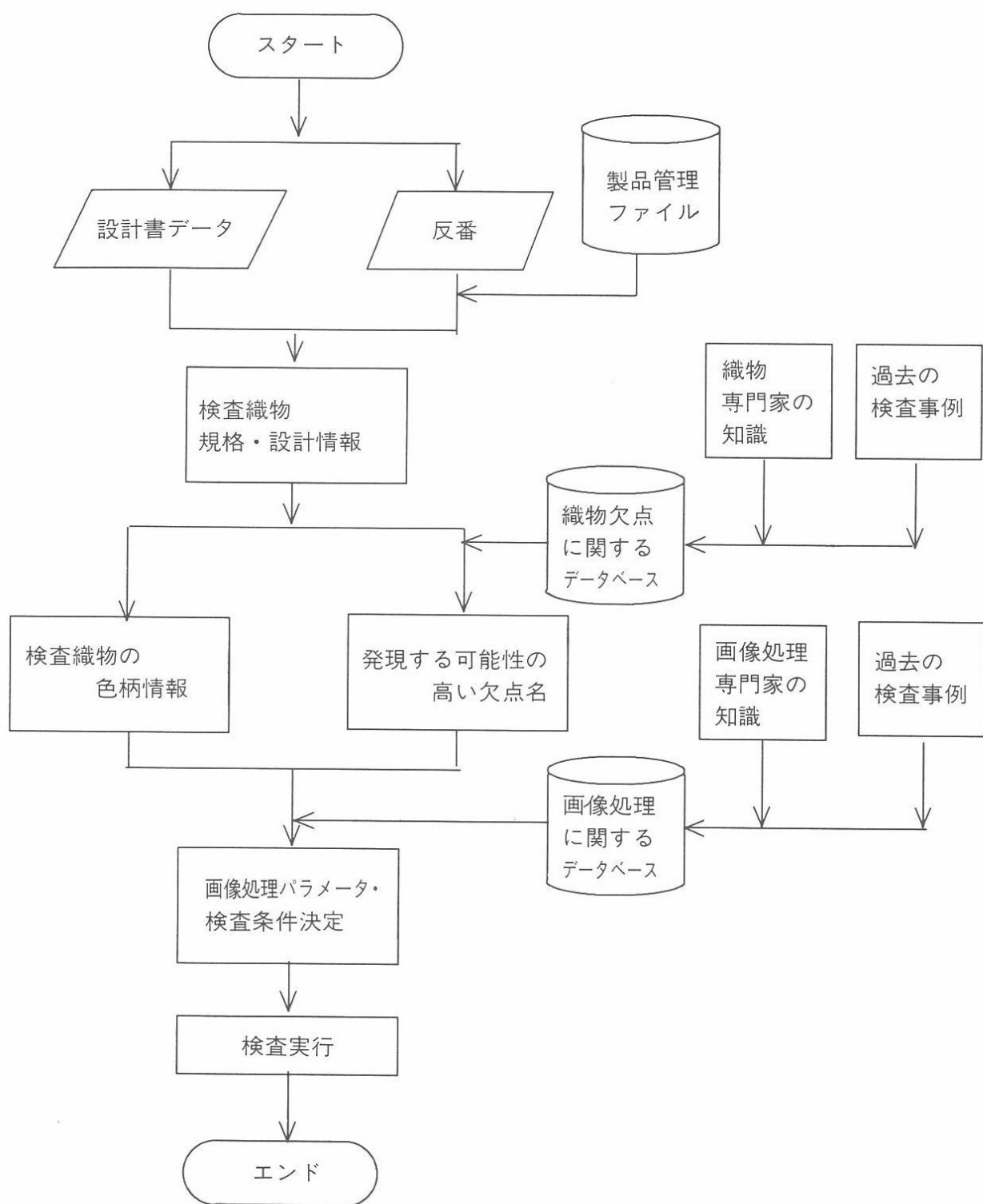


図20 知識ベースの概念フロー

(s c h e m a 検査基準値

(予想欠点 欠点名)

(柄サイズ 長さ 幅)

(柄の見え方 見え方)

(仕上密度 程度)

(輝 度 平均L 値)

e t c .)

検査基準値スキーマと一次元画像処理スキーマと照合し、最適な画像処理パラメータや検査条件を導き出す。画像処理パラメータ、検査条件とは一次元画像処理装置にカメラから画像を取り込むときの照明条件、レンズの絞りなど、また画像処理を行うときの処理内容、閾値、ウィンドウサイズなどである。画像処理に関するデータベースは織物の種類と検査条件との関係を試行錯誤で求めた結果で構成される。検査事例が蓄積されていけば知識を拡充することができるため、推測精度が向上する。

(s c h e m a 一次元画像処理－1

(@ i s - a 一次元画像処理)

(予想欠点 欠点名)

(柄 有／無)

(柄サイズ 長さ 幅)

(柄の見え方 見え方)

(仕上密度 程度)

(輝 度 平均L 値)

(照明方法 反射／透過)

(照明角度 ? °)

(カメラ角度 ? °)

(シェーディング補正 有／無)

(輝度補正 有／無)

(処理アルゴリズム 2 値(明)／2 値

(暗)／マイクロフィルター／ムラフィルター)

(処理サイズ 2 値(明)／2 値

(暗)／マイクロフィルター／ムラフィルター)

(2 値化閾値 2 値(明)／2 値

(暗)／マイクロフィルター／ムラフィルター)

(判定閾値 2 値(明)／2 値

(暗)／マイクロフィルター／ムラフィルター)

(イ) 実施例

開発したソフトの実施画面を図21～23に示した。入出力画面は、できるだけマウス操作による入力操作が中心となるようにし、キーボードからの入力操作を少なくした。また、入力項目ごとに複数のウィンドウを開くようにし、表示画面が煩雑にならないように留意した。

図21はデータ入力用のメインウィンドウ画面である。入力方式にはリストの中から該当のものを選択するリストボックス、数値データをキーボードから入力するエディットボックス、該当の個所のボタンを択一的に選択するラジオボタン、ウィンドウの表示や処理の実行を行うボタンの4種類がある。

リストボックスによる入力項目は1段目左から順に経緯原料、組織、柄、2段目が経緯糸構造、仕上げ方法、織機である。リストの内容は原料では梳毛／紡毛／綿など、組織は平織／綾織／朱子織など、柄は千鳥格子／チェックなど、糸構造は単糸／双糸など、仕上げはクリア／ミドルなど、織機はレピア／エアジェットなどである。表示できるのは3行だが、リストボックス右側の三角マークをクリックするとリスト内容をスクロールして表示することができる。リストから該当のものを選択すると反転表示する。

エディットボックスの入力項目は上から番手(Nm)、撚数(T/10cm)、機上密度(E/10cm)、仕上げ密度(E/10cm)、長さ(m)、幅(cm)である。該当の数値をキーから記入し右側のボタンをクリックする。

ラジオボタンボックスの入力項目は糸の撚方向、その右は柄の見え方である。撚方向は

検査する織物の規格

たて

たて梳毛糸

たて紡毛糸

たて綿糸

selection

たて梳毛糸

OK

よこ

よこ梳毛糸

よこ紡毛糸

よこ綿糸

selection

よこ梳毛糸

OK

平織

綾織

朱子織

selection

綾織

OK

チェック

杉綾

千鳥格子

selection

千鳥格子

OK

たて単糸

たて双糸

たてフィラメント

selection

たて双糸

OK

よこ単糸

よこ双糸

よこフィラメント

selection

よこ単糸

OK

クリア

ミルド

起毛

selection

クリア

OK

ジョンヘル

レビア

エアジェット

selection

レビア

OK

番手(単糸相当 Nm)

30

たてOK

よこOK

撚 数(回/10cm)

50

たてOK

よこOK

機上密度(本/inch)

100

たてOK

よこOK

仕上密度(本/10cm)

100

たてOK

よこOK

長さ (m)

50

OK

幅 (cm)

150

OK

たて撚方向

◆ S (右)

◇ Z (左)

よこ撚方向

◇ S (右)

◆ Z (左)

柄の見え方

◇ 大きく鮮明 (格子)

◇ ぼんやり (細縞)

◆ ランダム (ネップ)

◇ 無地調 (シャンブレー)

◇ 無地

色系配列の入力

組織図の作成

HELP

実行

図21 開発知識ベースのデータ入力画面

S/Zから選択、柄の見え方は、①無地②無地調（シャンブレーなど）③全体的に柄がランダムに配置（ネップ糸使用など）④ぼんやりと確認できる柄（細い縞柄など）⑤大きく鮮明な柄（はっきりとした格子柄など）の5種類に分類し、これらからひとつを選択しダイヤ型のボタンをクリックする。

これらのボックスではそれぞれのボックスに付いているボタンをクリックすると、選択

あるいは入力した内容のファクトがアサート（生成）される。

図22に生成される規格スキーマと検査基準スキーマを、図23に出力結果の画面を示す。検査基準スキーマと一次元画像処理スキーマとのマッチング処理の結果、マッチングスコアが高い順に欠点名、一次元画像処理パラメータ及びマッチングスコアを画面上に出力する。

Schema:規格	Schema:検査基準値
Commands Cancel	Commands Cancel
(DEFSHEMA 規格	(DEFSHEMA 検査基準値
・緯机上密度 小) ・緯原料 梳毛糸) ・緯構造 単糸) ・緯撚糸 普通) ・緯撚方向 Z) ・緯番手 細い) ・経机上密度 小) ・経原料 梳毛糸) ・経構造 単糸) ・経仕上密度 普通) ・経撚糸 普通) ・経撚方向 Z) ・経番手 細い) ・仕上げ クリア) ・織機 ションヘル) ・組織 綾織) ・柄 シャークスキン)	・輝度 48.24000000000001) ・仕上長 50) ・仕上幅 150) ・柄 シャークスキン) ・柄横センチ 0.1428571428571428) ・柄見え方 柄無-均整度中) ・柄縦センチ 0.1428571428571428) ・予想欠点 薄段)

図22 規格スキーマと検査基準値スキーマ

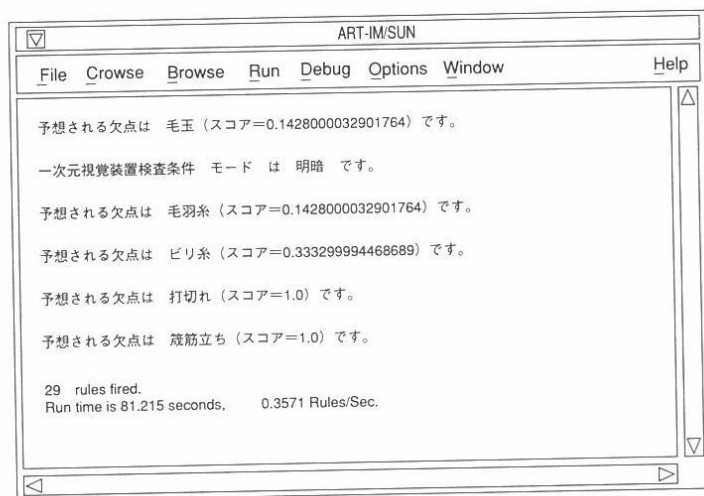


図23 マッチング結果出力画面

3. まとめ

毛織物を検査対象とし、ラインセンサから得られる一次元データ列から織段・筋立ち等の欠点を自動的に検出するために、知識データベースを応用した一次元画像処理技術の研究を行った。その結果は次の通りである。

(1) 検査織物は、無地及び小柄（1レピートの柄サイズが10mm以下）の毛織物である。

(2) 欠点を抽出するために開発した一次元画像処理法は、マイクロフィルター、ムラフィルター処理等で、設定した分解能は、500mm/2048画素である。

②検査装置を支援するための知識ベースシステムを構築し、その構成要素として、織物規格に関する情報、織欠点に関する情報、一次元画像処理の検査条件に関する情報である。