毛織物自動検反システムの開発
—「色柄欠点」検査技術に関する研究—

安藤正好、池口達治

要旨

先染毛織物の縞・格子柄などの比較的大柄な織物を検査対象とし、ピッチ違い等の「柄欠点」を二次元画像処理技術により、また、無地織物の中希等の「色欠点」を色解析技術により、自動検査するための各検査技術及びそれを支援するための知識ベースの研究を行った。

その結果は次の通りである。

(ア) 柄欠点を検査する二次元画像処理法については、柄のレピートサイズを自己相関から求め、レピートサイズでブロック化しブロック画像相関処理を行うことで欠点を抽出する手法を導いた。

(イ) 色欠点を検査する方法として、分光光度計をトラバースし、織物に近接させて測色するシステムを開発し、オンライン色検査を可能にした。

(ウ) 織物設計情報から、二次元画像処理及び色検査を行うための検査パラメータなどの情報を導き出す知識ベースシステムを開発した。

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嫌う傾向があり、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、以前から実用化が強く望まれていた課題の一つであった。

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。この研究の基幹となる技術は、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、ＩＣや機械部品などの検査で実用システムが報告されている。一方、織物検査に関するものは、通産省の大型プロジェクト「自動縫製システムの開発に関する研究」の要素技術で行われた研究などが報告されているが、無地織物の検査を中心としたもので、まだ研究段階である。

先染毛織物は、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し、その検査手法は無地織物に比較し複雑であり、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。

昨年度の研究では、先染毛織物の比較的小柄な織物を検査対象とし、ラインセンサをベ

ースとした検査システムを用い、センサから得られる一次元のデータ列から織段・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。[1]

本研究では、先染毛織物の比較的大柄な織物を検査対象とし、ピッチ違い等の「柄欠点」を二次元画像処理技術により、また、無地織物の中希等の「色欠点」を色解析技術により、走行中に自動検査するための研究を行った。また、各検査技術を支援するための知識ベースの研究を行った。

2．実施内容

2．1 二次元画像処理技術

カラーエリアセンサをベースとした「二次元視覚装置」を用いて柄織物の規則性を抽出し、その規則性を利用してピッチ違い・柄崩れなどの柄欠点を検査するシステム開発の研究を行った。

（1）ハードウェア

使用した検査システムは、次の通りである(図1参照)。

・画像処理装置：ＰＩＰ9000
((株) エー・ディー・エス製)
ＣＰＵ　：680ＥＣ30
コプロセッサ：68882
画像メモリ　：512×480×8ﾋﾞｯﾄ
並列処理　　：プロセッサボード
トランスピュータなど

・画像入力装置　：ＸＣ－003
(ｶﾗｰｴﾘｱｾﾝｻ)　((株) ソニー製)
素子：1/3インチ３ＣＣＤ
レンズマウント：Ｃマウント
画　素　数：768×494画素

・照明装置：ＳＣ２０Ａ
((株) 日進電子工業製)
ストロボ照明

・制御用コントローラ：
ＰＣ9821Ｘｔ（(株)日本電気製）
ＣＰＵ：Pentium133MHZ
画像処理装置とのインタフェース
ＧＰＩＢ、ＲＳ232Ｃ
外部センサとのインタフェース
高速カウンターボード
ＤＩＯボード

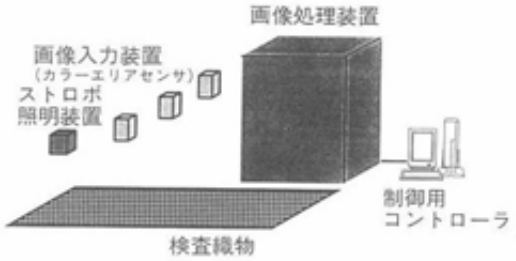


図1　二次元視覚装置概念図

画像入力装置は、検査織物の幅方向に３台設置し、外部の信号に同期して同時入力・同時処理が可能で、検査分解能は、約１ｍｍ／画素（1500ｍｍ(検査織物幅)／512画素×カメラ３台）である。

（2）検査ソフトウェア

ア．オンラインソフト

外部からの信号に同期して画像処理を実施し結果を出力する。外部信号には、搬送機から織物の移動距離に応じて出力されるパルス信号（エンコーダ出力)、被検査織物の継ぎ目を検出して出力される「反始信号」と「反末信号」等がある。

事前に検査織物に応じた検査手順（検査画像処理手順、検査ｼｽﾃﾑ情報､検査結果出力フォーマットなど）をマスターファイルとして登録しておく。次に、 これから検査を行う予定の品番を登録（複数可）する。 そして､オンラインソフトを起動し､検査を開始する。オンライン検査ソフトの概念フローを図２に示した。

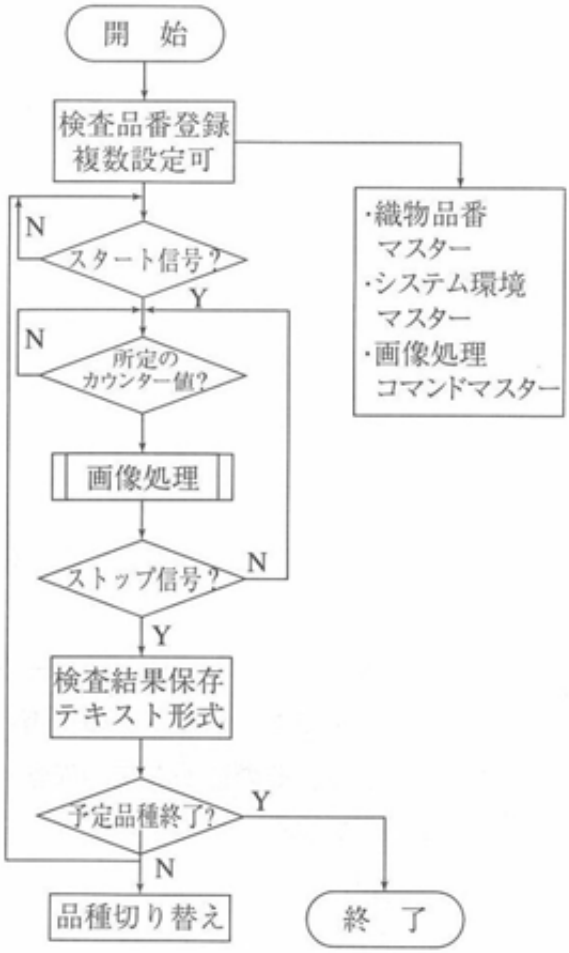


図２　オンラインソフトフロー

①開始信号（継ぎ目）を検出してから、
②終了信号（継ぎ目）を検出するまで、
③所定の画像処理を実施し、
④検査終了した時点で検査結果をテキスト形式で出力する。

検査予定品種の登録が複数ある場合、終了信号を検出し予定品種がなくなるまで品種切り替えを実施し、上記(1)から(4)の処理を繰り返す。

マスターファイルの「検査システム情報」には、「反始信号」を検出してから、検査開始位置に被検査織物が到達するまでの距離データ、「反末信号」を検出してから、検査を終了するまでの距離データ。検査画像の大きさ、画素分解能などのデータが記述されている。

「検査結果出力フォーマット」には、画像処理を実施して得られる欠点の有無を判断する特徴量（柄のピッチ、欠点部の面積など）をテキストファイルに出力する出力形式の情報が記述されている。

「検査画像処理手順」については、次項でその内容を詳述する。

イ．柄検査ソフト（検査画像処理手順）

図３に柄検査ソフトのフローチャートを示した。

図３　画像処理ソフトフロー

（ア）柄レピート抽出

縞・格子柄などの柄の繰り返しの最小単位（レピート、ピッチ）を抽出する方法について検討を行った。その結果、次の手順で行うこととした。

①画像入力（カラー画像：R、G、B画像または、Y、R－Y、B－Y画像（色差信号画像））

②前処理（3×3の平滑化処理）

平滑化処理は、次式で3×3の近傍画素の平均を求める処理である。

$$g(i,j)=1/9\ \{f(i-1,j-1)+f(i,j-1)+f(i+1,j-1)+f(i-1,j)+f(i,j)+f(i+1,j)+f(i-1,j+1)+f(i,j+1)+f(i+1,j+1)\}$$

ここで、f(i,j)：入力画像

g(i,j)：処理画像

③周辺分布処理（カラー入力された3画像から最も地と柄にコントラストのある画像を選択し、柄に応じてX、Y方向のどちらかあるいは両方行う）

周辺分布処理とは、同じx（またはy）座標をもつ画素の明るさをすべて加算する処理である。

$$\text{X方向：}\ g(x)=\sum_{y} f(i,j)$$

$$\text{Y方向：}\ g(y)=\sum_{x} f(i,j)$$

④自己相関処理（検査織物の配列データ等から予想されるレピートサイズを中心に複数画素）

自己相関処理とは、関数f(i)とf(i+p)の相互相関係数を求める処理である。次式のようにpを変化させ整数倍の周期で相関係数にのピークが現れるかどうかで、周期性のあるなしを判定できるものである。

$$\gamma p=\frac{\frac{1}{n-p}\sum (f(i)-\overline{f(i)})\quad (f(i+p)-\overline{f(i+p)})}{\sqrt{\frac{1}{n-p}\sum (f(i)-\overline{f(i)})^2\ \frac{1}{n-t}\sum (f(i+p)-\overline{f(i+p)})^2}}$$

ここで、f (i) :入力関数

γ p :自己相関係数

p :期間差

n :データ数

⑤柄のﾚﾋﾟｰﾄ抽出（最も相関係数の高い位置）を行う。

これら①～⑤の処理より、柄のレピートを抽出することができ、柄ピッチの正否を判定するとともに、その値から柄の異常も判定することができる。

（イ）柄欠点抽出

前項により柄のレピートサイズが抽出できたので、そのレピートから柄に応じてX・Y方向にそれぞれ1レピート分ずらしたものと原画像との差の絶対値を求める（Y、R－Y、B－Yの各画像に対して行う。ブロック画像相関法と呼ぶ[2)]）。処理結果画像を所定の閾値で2値化し、所定の面積以下の小成分を除去し、残存成分の個数・面積を計測し、その大きさで欠点の有無を判断する。

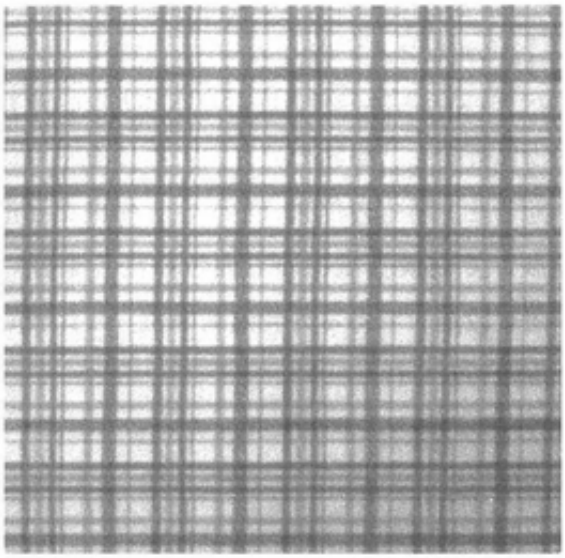
このブロック画像相関法は、柄の斜行に強く・処理が簡便であることに特徴がある。また、柄のレピートが抽出できない織物には適応できない欠点がある。

（ウ）画像処理結果

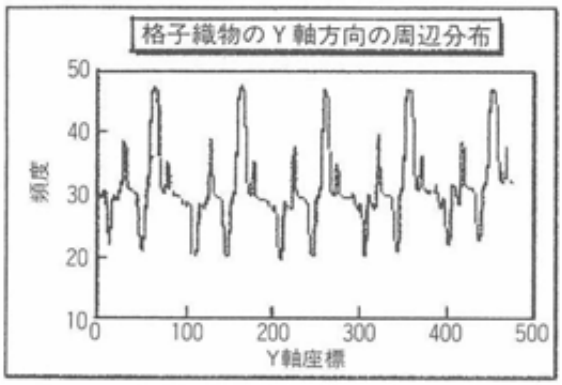
格子織物を試料として、周辺分布（Y軸方向）、自己相関処理を行った結果を図4～7に示した。

図4は、検査織物（格子柄）の原画像（a）及びR－Y画像に対して周辺分布処

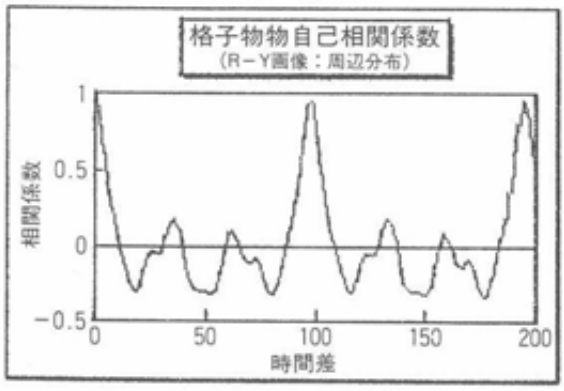
理をＹ軸方向に行った結果及び得られた周辺分布の一次元データ列に対して自己相関処理を行った結果を示した。周辺分布の結果は、横軸がＹ軸の座標、縦軸が頻度である。



（a）格子織物原画像



（b）R−Y画像のY軸方向の周辺分布



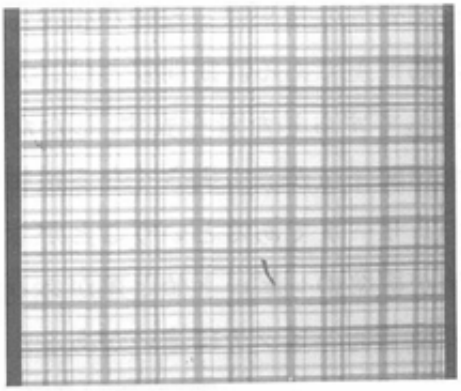
（c）及び自己相関処理結果

図４　柄織物画像処理結果

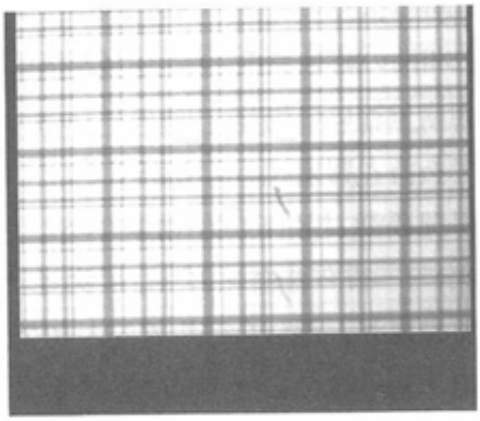
自己相関処理の結果は、縦軸が相関係数で、横軸は期間差である。期間差とは、元データに対してずらした量を表す。したがって、求めた相関係数が最も大きくなる横軸の値が柄のレピートであるということができる。この値が標準のレピート値と差があるかどうかで格子柄のピッチに違いがあるかどうかを判断する。また、予定すべきピッチの座標値の相関係数が事前に設定しておいた値と比較し欠点の有無を判断する。

自己相関の結果から、最も大きなピークが96画素付近に発生し、柄のピッチが96画素であると判定することができ、このときの相関係数はＲ－Ｙ画像で0.92であった。次に、得られたレピートサイズから、組織崩れ、汚れなど比較的大きな欠点を抽出する目的で、ブロック画像相関法を行った。この処理を行った結果を図５に示す。原画像（ａ）を１レピートずらしたものを元図に重ね合わせたものが（ｂ）である。これの差分の絶対値を算出し、２値化し、欠点を抽出した結果が（ｃ）である。

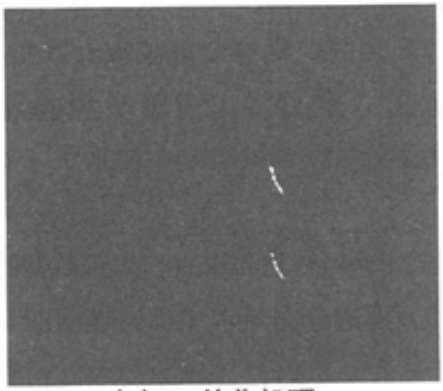
以上の一連の処理の中で、処理時間短縮の目的で、周辺分布処理では処理画面を選択して行った。これは、織物の設計情報から、色糸の色の情報と、配列・組織・密度などから、柄と地のコントラストがもっとも大きくなる画像を選択する。一方、自己相関処理は、求めるレピート値をすべての期間差で計算すれば、非常に時間を要する。この場合も、織物設計情報から柄のレピートを推測し、目標となるレピート値の周辺の数十画素で計算し、処理時間を短縮した。これらのことは、２．３の項の知識ベース構築で詳述する。



(a) 原画



(b) ブロック相関法



(c) 2値化処理

図5　格子織物の欠点抽出例

次に、画像処理時間の結果を示す。

①画像入力(Y,R-Y,B-Y画像)：5msec以下

②平滑化(Y,R-Y,B-Y画像)、周辺分布(R-Y画像:X方向、Y方向)：195msec

③自己相関（X方向、Y方向）：100msec

④ブロック画像相関(Y,R-Y,B-Y画像、X方向、Y方向）：1320msec

処理の具体的内容：2値化、収縮、孤立点除去、ラベリング、面積計測総計：約1620msec

2．2　色欠点検査技術

分光光度計をベースとした「色検査装置」を用いて無地織物の中希・中濃等の色欠点検査技術について検討を行った。

（1）色検査システム

検査システムは分光光度計を本体とし、走行織物に近接し、織物の幅方向に本体を左右に移動させ、所定の位置（左・右・中央など指定点）で被検査織物の表面色の測色を行い、事前に設定してある「判定基準値」と比較し合否の判断を行う。

検査ｼｽﾃﾑの概要を図6に示した。

・本体（分光光度計）：ＣＥ－3100（ﾏｸﾍﾞｽ製）

測定波長範囲：360～740ｎｍ

波長間隔：20ｎｍ

光源：パルスキセノンランプ

・トラバーサー：G-261（日清紡（株）製）

移動速度：最高35ｃｍ／秒

移動量：最大180ｃｍ

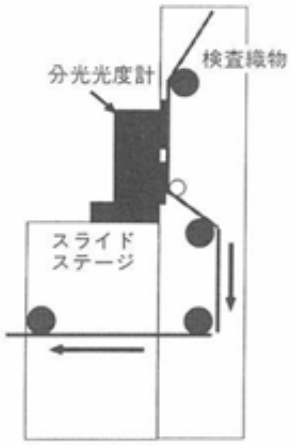
・制御用コントローラ：ＳＶ－Ｈ９８（日本電気㈱製）

ＣＰＵ：インテル486ＤＸ２

（2）色検査ソフト

外部からの信号に同期して測色処理を実施し結果を出力する。外部信号には、搬送機から織物の移動距離に応じて出力されるパルス信号（エンコーダ出力)、被検査織物の継なぎ目を検出して出力される「反始信号」と「反末信号」がある。

事前に検査織物に応じた検査手順（品番、トラバースパターン、検査基準など）をマスターファイルに登録しておく。そして、検査予定の品番を複数登録することにより、検査開始信号、終了信号などの外部信号に応じて自動で品種切り替えを行い検査を実行する。



側面図

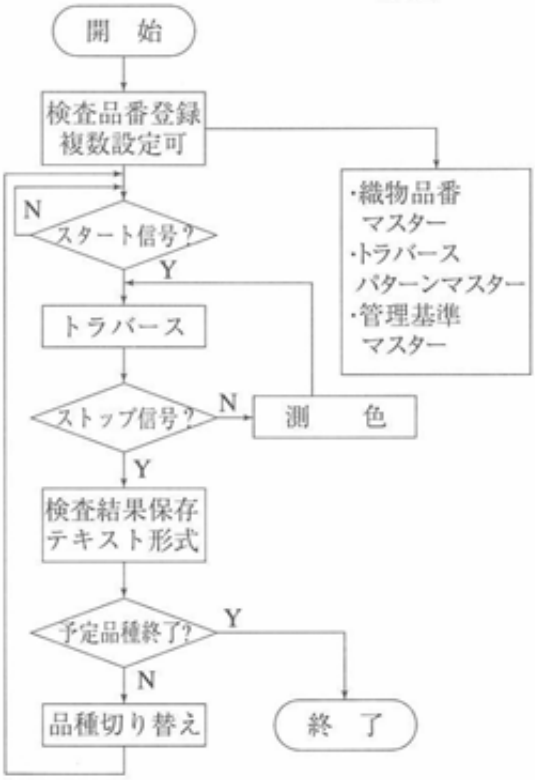


図7　オンライン色検査フロー

概念フローを図7に示した。

①開始信号を検出してから、

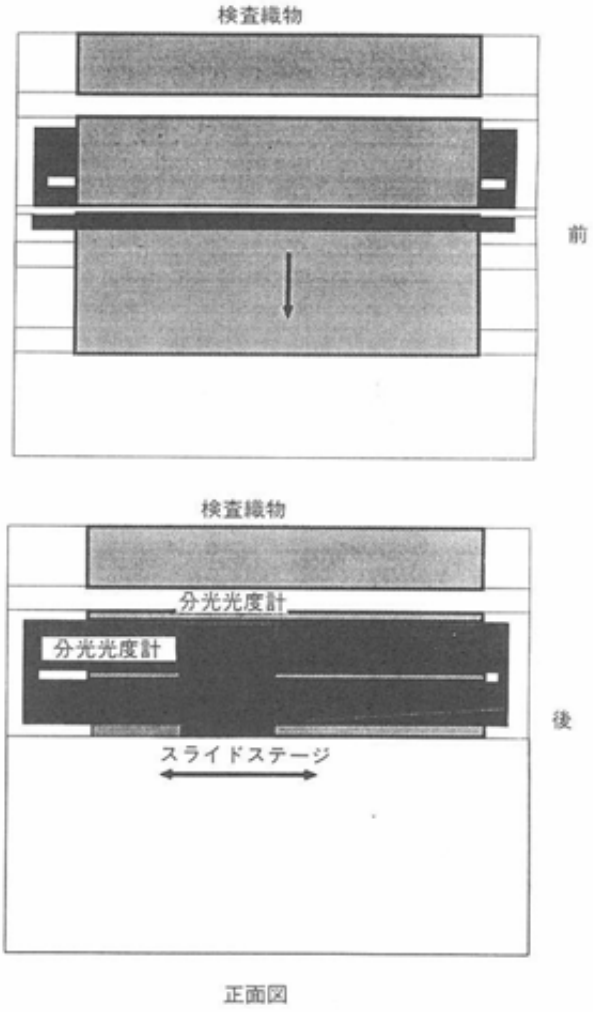
②終了信号を検出するまで、

③所定の測色処理を実施し、

④結果をテキスト形式で出力する。

予定登録が複数ある場合、終了信号を検出し予定登録がなくなるまで品種切り替えを実施して①から④を繰り返す。

「品番マスターファイル」には、「連続測色」を行うか「間欠測色」を行うかの選択、トラバースパターン（トラバースパターンマスターファイルから選択可能）の設定、「反始信号」を検出してから、色検査位置に被検査織物が到達するまでの距離、「反末信号」を検出してから、検査を終了するまでの距離などを事前に各品番ごとに登録しておく。なお、「連続測色」とは定速で動いている被検査織物を分光光度計が織物の幅方向に移動し、トラバースパターンで設定された位置で測色を行うものである。したがって、この方法では、各測色点は同一点を測色できず、織物の長さ方向で異なる2カ所の測色データの平均となる。一方、「間欠測色」は、トラバースパターンで設定された織物の長さ方向の位置で織物の走行を停止させ、幅方向に分光光度計を移動しトラバースパターンで設定された位置で測色を行



正面図

図6　色検査装置概念図

うものである。したがって、この方法では、同一点の測色が行われる。

「検査基準マスター」には、ΔE、ΔL、Δab、CMCなどの合格・不合格を決定する値を登録する。

「トラバースパターンマスター」には、連続・間欠移動のどちらかの選択、測色位置の設定などのデータが記述されている。

（3）試験結果

標準色板を用いて測色位置による測色性能の試験を行った（図8、表1）。なお、図8のLab値は最大値に対する相対値を表し、ΔEは実測値を表した。中心部が若干Lab値が小さくでるが、測色精度は、本試験では色差の最大で0.17であり、約0.2以上の色差を有する色違いを有意な差と認めて判定できるものと考えた。

毛織物（平織：色相ピンク）の測色試験を行った結果を図9に示した。なお、本試験は織物が停止状態で行った。試験結果から解るように、織物の中心部に比較して、両耳部でΔEが大きく計測された（約0.6）。これは、b値が小さくなっていることからで、色相的には青みが強くなっていることがわかる。この、ΔEの値が正常とみるか異常とみるかは、検査基準マスターに設定した値によって判断する。この値は、後述する知識ベースで決定する。

2．3　知識ベース構築

昨年度開発した知識ベースに、検査手法に関する情報として、「二次元視覚装置・色検査装置に関する情報」を付加した。織物設計書から得られるデータを基に、検査装置の設定に必要なパラメータを導く。このフローチャートを図10に示した。

知識ベース構築の環境は次の通りである。

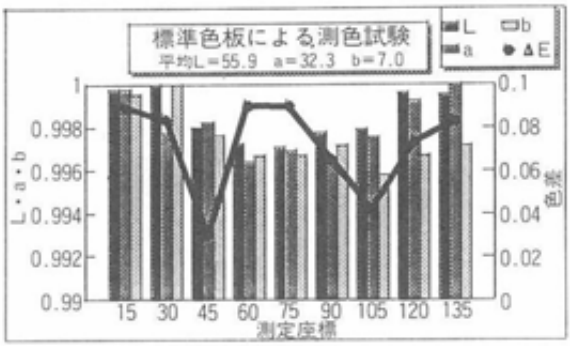


図8　標準色坂による測色試験

表1　標準色板を用いた測色試験

標準色板		Mean	Max	Min
白	L	94.58	94.75	94.45
	a	0.67	0.68	0.66
	b	5.98	6.00	5.96
	△E	0.09	0.17	0.03
赤	L	55.99	56.07	55.91
	a	32.33	32.39	32.27
	b	7.04	7.06	7.03
	△E	0.07	0.09	0.03
緑	L	55.79	55.89	55.72
	a	-13.81	-13.78	-13.86
	b	13.32	13.35	13.31
	△E	0.06	0.12	0.02
青	L	62.78	62.88	62.72
	a	-6.86	-6.84	-6.87
	b	-15.91	-15.89	-15.96
	△E	0.06	0.11	0.03

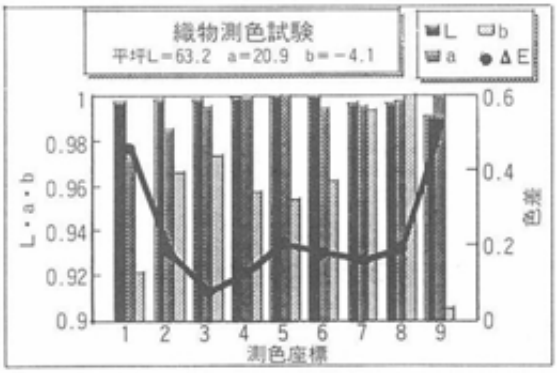


図9　織物試料による測色

・開発環境

ハードウェア：エンジニアリングワークステーン
AS4080/40TX1　東芝（株）製

ソフトウェア：ART-IM/UNIX 2.5nference社製

（1）二次元視覚装置の設定に関する情報

ア．混色値情報

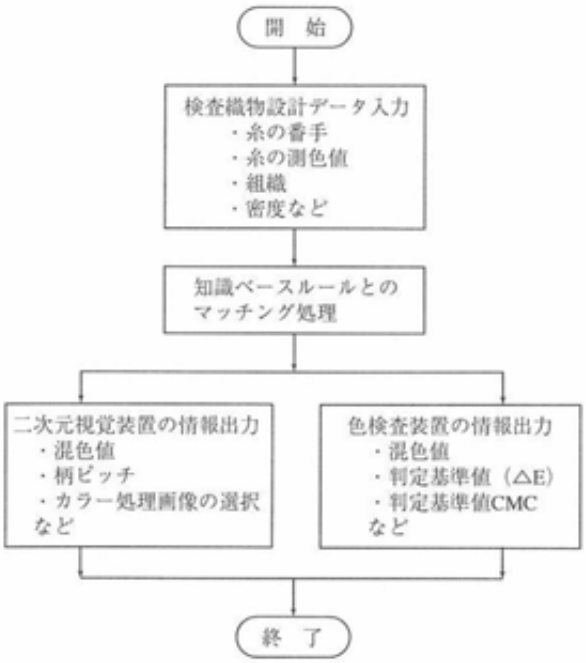


図10　知識ベースフロー

二次元視覚装置で行うカラー画像処理に必要なパラメータを、知識ベースを用いて決定するにあたり、織物の外観上の色データをあらかじめ知識として与えておく必要がある。そのため、知識ベースに糸の色データを与え、織物の外観上の色を導くこととした。

しかし、ストライプやチェック柄の場合、経緯糸の色が異なる部分は、２色が混色された色に見え、このときの色は、糸の色の他に、織物の組織、経緯密度などが影響し、単純に予測するのは困難である。そこで、糸の測色値データおよび経緯のカバーファクターを基に、混色後の色を求める方法について検討した。

19色に染色した糸を用いて、４種類の組織の織物を製織し、それぞれの色を測色した。実験に用いた糸の測色値を表２に、織物の測色値の一部を表３に示す。

分光反射率、Ｋ／Ｓ値、Ｌａｂ値、ニューラルネットワークなどを用いた方法について検討した結果、次の２種類の方法は、誤差が比較的少ないことがわかった。

（ア）分光反射率の平均化

表２　混色試験に用いた糸の測色結果

No.	色	L	a	b
1	白	87.15	− 0.92	7.12
2	グレー	50.17	− 1.27	−5.71
3	黒	12.46	1.01	−1.49
4	赤（濃）	40.62	57.56	17.41
5	赤（中）	48.05	54.29	8.42
6	赤（淡）	65.46	31.56	1.61
7	緑（濃）	25.69	−21.62	−6.65
8	緑（中）	38.79	−25.16	−7.77
9	緑（淡）	64.67	−17.71	−1.32
10	青（濃）	26.64	−1.71	−31.32
11	青（中）	37.89	−6.95	−30.53
12	青（淡）	64.44	− 3.85	−9.59
13	黄（濃）	58.55	20.58	69.07
14	黄（淡）	77.72	−8.56	52.78
15	ブラウン	20.50	5.28	2.66
16	バイオレット	35.83	23.50	−38.04
17	ボルドー	37.85	28.84	− 0.77
18	シアン	33.50	11.71	−48.78
19	スカーレット	52.17	48.88	32.47

表３　織物の測色結果の例

No.	組織	経糸	緯糸	L	a	b
1	平織	ボルドー	バイオレット	36.09	22.99	−15.11
2	平織	赤（濃）	バイオレット	35.27	38.14	−9.67
3	平織	赤（中）	バイオレット	39.92	35.69	−14.11
4	平織	赤（淡）	バイオレット	49.96	20.19	−16.27
5	平織	黄（淡）	バイオレット	53.34	-0.33	8.03
6	平織	黄（濃）	バイオレット	46.18	13.53	20.52
7	平織	緑（淡）	バイオレット	50.51	-1.10	−14.93
8	平織	緑（中）	バイオレット	36.76	-8.11	−18.02
9	平織	青（濃）	バイオレット	29.86	6.48	−32.08
10	平織	青（中）	バイオレット	36.33	2.98	−31.34
11	平織	青（淡）	バイオレット	50.31	5.81	−19.32
12	平織	白	バイオレット	57.28	7.73	−15.02
13	平織	グレー	バイオレット	44.66	6.02	−16.91
14	平織	黒	バイオレット	23.55	8.00	−16.87
15	平織	赤（濃）	ボルドー	37.41	42.66	6.99
16	平織	赤（中）	ボルドー	41.83	40.20	1.79
17	平織	赤（淡）	ボルドー	50.79	24.51	−0.36
18	平織	黄（淡）	ボルドー	54.48	7.04	22.63
19	平織	黄（濃）	ボルドー	47.25	19.73	34.84
20	平織	緑（淡）	ボルドー	50.42	2.85	−1.76
21	平織	緑（中）	ボルドー	36.79	-4.04	−5.88
22	平織	青（濃）	ボルドー	30.09	8.98	−19.67
23	平織	青（中）	ボルドー	36.12	5.49	−18.79
24	平織	青（淡）	ボルドー	49.51	9.41	−4.63
25	平織	白	ボルドー	57.12	12.60	1.28
26	平織	グレー	ボルドー	44.74	9.66	−3.67
27	平織	黒	ボルドー	24.40	12.17	−1.37
28	平織	赤（中）	赤（濃）	43.28	52.17	10.10
29	平織	赤（淡）	赤（濃）	51.04	38.51	6.39
30	平織	黄（淡）	赤（濃）	54.25	23.36	28.06
31	平織	黄（濃）	赤（濃）	47.69	33.42	41.24
32	平織	緑（淡）	赤（濃）	48.78	15.33	1.66
33	平織	緑（中）	赤（濃）	35.27	9.01	−2.85
34	平織	青（濃）	赤（濃）	28.62	20.25	−16.50
35	平織	青（中）	赤（濃）	34.87	14.52	−16.89
36	平織	青（淡）	赤（濃）	49.11	20.80	−0.97
37	平織	白	赤（濃）	57.20	28.02	7.04
38	平織	グレー	赤（濃）	44.08	19.83	0.47
39	平織	黒	赤（濃）	22.91	23.13	2.74
40	平織	赤（淡）	赤（中）	54.85	38.60	3.54

経糸と緯糸の色の分光反射率を、カバーファクタを考慮して平均化する方法で、各波長ごとの反射率を、次式で求めた。

log(Rt)={CFw·log(Rw)+CFf·log(Rf)}/(CFw+CFf)

(R：反射率　CF：カバーファクタ添字w：経糸　f：緯糸　t：混色後)

この方法で求めた推測色値と実際の織物の測色値との平均誤差は、△E＝5.5であった。一般に明度差が大きい色の混色では、誤差が大きく出る傾向があり、明度差が小さい色の混色では、誤差は非常に小さい。

(イ) ニューラルネットワーク（NN）

NNを構築し、混色後のLab値を推定する方法で、3層構造からなるバックプロパゲーションのネットワークを構築した。開発環境とネットワークの概要は、次の通りである。

・開発環境

ハードウェア：エンジニアリングワークステーション

AS4080/40TX1東芝（株）製

ソフトウェア：Neural Works Professio-nal Ⅱ/Plus V5.0NeuralWare社製

・ネットワーク概要

入力層：経糸のLab値(3)、

緯糸のLab値(3)、

カバーファクタ(2)

中間層：(2)

出力層：混色後のLab値(3)

学習データ：織物から得た測色データ600種

想起データ：学習データとは異なる織物の測色データ60種

学習回数　：20.000回

NNは、ネットワークに正しい入出力値の組み合わせを多数提示し、構造中の各ノードの重み付けをいろいろと変化させ、出力誤差が最小になる重み付けの組み合わせを求めるものである。一般に、非線形データ処理に適しているといわれている。本研究では、NNに与えるデータの種類を検討した結果、出力誤差が小さい、ネットワークの構造がシンプル、現場でも扱いやすい数値である、といった条件を満たす値としてLab値とカバーファクタを採用した。

学習回数は少なすぎると出力誤差が収束しきれないし、多すぎるとネットワークの汎化性が失われてしまう。この場合、学習回数20.000回の時点で、出力値の2乗平均誤差は横這い状態となり、学習は収束した。

構築したNNを用いて求めた色値と、実際の織物の測色値との平均誤差は、△E＝3.5であった。

イ．周辺分布を求めるための画像処理情報

2次元視覚装置で柄のピッチを検査するときに、コントラストが大きい画像を選択して周辺分布を求めた方が検査精度が高い。

そこで、経緯の色データ、組織などの情報を基に、カラーカメラから得られる、R、G、BあるいはY、R－Y、B－Yの3画像のうち、最も地と柄にコントラストがある画像を選択する知識ベースを構築した。

ウ．柄ピッチ情報

色糸の配列データと密度から、画面上で1柄に相当する画素数を得る。

(2) 色検査装置の設定に関する知識

一般に、人が目で見たときに色差があると感じる範囲は、色相、彩度、明度により異なる。同様に、織物に色差があるかどうかを判定する基準は、その織物の色により異なり、色検査装置による色差の有無の判定は、織物によって検査装置に設定するパラメータを調整する必要がある。しかし、検反作業における色差判定基準は、織物の色、素材のような定量的な因子と、

用途、製品ランクのような定性的な因子が複雑に関係し、一概に特定できないのが現状である。

本研究で構築した知識ベースでは、織物の色情報を基に、次の方法により得られる値を色差判定基準値として出力し、色検査装置に設定することとし、どちらかの基準値を超えたら不合格となるようにした。

ア．ＭａｃＡｄａｍの弁別楕円から導いた△Ｅによる判定

人間が違う色と認識できない範囲を定量的に表現した例として、ＭａｃＡｄａｍがｘｙ色座標系に楕円として表したものが知られている。この楕円の平均半径を求め、Ｌａｂ空間に写像した[4]。このＬａｂ値から、△Ｅを求め、色差判定の基準値とした。得られた判定の範囲の一例を、10倍に拡大して図11に表示した。

イ．ＣＭＣ色差式から導いた△Ｅによる判定

ＭａｃＤｏｎａｌｄ[5][6]が提唱したＣＭＣ色差式は、人間の視覚に合うよう色相、彩度にそれぞれ補正が加えられてある。

ＣＭＣの△Ｅは次式により求められる。

$$\Delta E=\{(\Delta L/l\cdot SL)2+(\Delta C/c\cdot SC)2+(\Delta H/SH)2\}1/2$$

ただし、

CMC(1:1)式の場合、l=1、c=1

CMC(2:1)式の場合、l=2、c=1

$SL=0.040975\cdot L/(1+0.01765\cdot L)$

L<16の場合は、SL=0.511

$SC=0.0638\cdot C/(1+0.0131\cdot C)+0.638$

$SH=SC\cdot(T\cdot f+1-f)$

$f=\{C4/(C4+1900)\}1/2$

$T=0.36+|0.4\cdot\cos(h1+35)|$

164° ≦h1≦345° の場合は、

$T=0.56+|0.2\cdot\cos(h1+168)|$

（財）毛製品検査協会[3]で行われた色差判定の試験結果などを参考にして、

ＣＭＣ（１：１）＝０．８７

ＣＭＣ（２：１）＝０．５９

のようにＣＭＣ値を設定し、判定基準値として知識ベースに加えた。

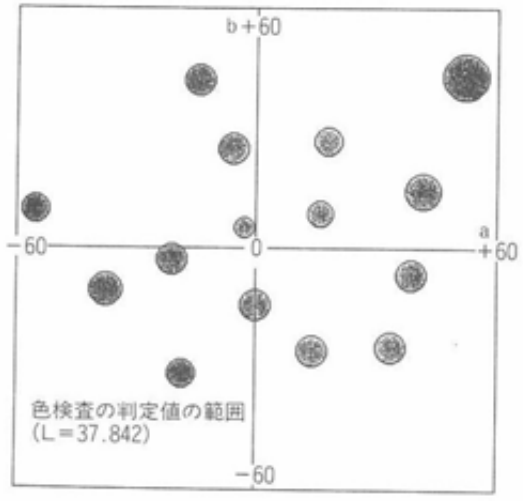


図11　色検査の判定基準設定例（L＝37.8の場合）

3．成果

先染毛織物の色柄欠点検査方法について検討し次の成果を得た。

（１）柄欠点を検査する二次元画像処理法については、柄のレピートサイズを自己相関から求め、レピートサイズでブロック化しブロック画像相関処理を行うことで欠点を抽出する手法を導いた。

（２）色欠点を検査する方法として、分光光度計をトラバースし、織物に近接させて測色するシステムを開発し、オンライン測色を可能にした。

（３）知識ベースについては、織物設計情報から、二次元画像処理及び色検査を行うための検査パラメータなどの情報を導き出すソフトを開発した。

参考文献

1)安藤、池口：テキスタイル＆ファッション10月号,7,1995,349-369

2)安藤、池口：テキスタイル＆ファッション

9月号、5、1993、300-320

3)飯沼保彦：毛製品検査協会報告書「機器による色差判定」

4)Davit L. MacAdam：Journal of the Optical Society of America,32,1942,247-274

5)Roderick McDonald：JSDC,96,1980,486-497

6)Roderick McDonald：JSDC,97,1981,517-512