

織物検査の高度化に関する研究 —織物検査データの解析技術—

安藤正好、安田篤司

要 旨

平成6年度から3年計画で開発した「自動検反システム」を高度化するための研究を行い、次の成果を得た。

- (1) 織物を自動検査するため検査情報（織物規格データ、各検査装置の検査パラメータ）と検査結果をデータベース化し、検査情報等の解析を行う検反情報管理システムを開発した。
- (2) 自動検反支援知識ベースを高度化するため、画像処理、特に画像入力時の設定条件のルールを充実するため、検査織物の表面色、カメラの絞り、照明などから入力画像の輝度を推定する重回帰式を求めた。また、知識ベースの入力等のユーザインタフェースを改良した。

1. はじめに

毛織物生産工程の中で検反作業は、製織・染色・整理などの各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均質化を図る上からも、以前から実用化が強く望まれていた研究課題の一つであった。

この作業を自動化するため、平成6年度から3年計画で研究を進め「自動検反システム」を開発した¹⁻³⁾。このシステムは、一次元、

二次元、色の3種類の検査装置から構成されている。一次元検査装置は、無地織物や小柄の織物を検査対象とし、ラインセンサで獲得した一次元画像データを解析して織欠点を検査する。二次元検査装置は、柄織物を対象とし、カラーエリアセンサで獲得した二次元画像データを解析して柄欠点を検査する。また、色検査装置は、無地織物を対象とし、分光光度計で獲得した分光データを解析して色欠点を検査する。検査織物の種類は無数にあり、検査条件を個別の織物に適応した条件を設定する必要がある、この作業を効率化するため「自動検反システム支援知識ベース」（以下「知識ベース」と呼ぶ）も同時に開発した。これは、検査織物の規格設計データから、各検査装置の検査パラメータを推論するシステムである。本研究では、この「自動検反システム」を高度化することを目的とし、次の内容について検討を行った。

- ① 「検査結果」、「織物規格」、「各検査装置の検査パラメータ」をデータベース化し、それらの情報から、検査条件を検討し適正化するための解析を行う「検反情報管理システム」（以下「管理システム」と呼ぶ）を開発する。
- ② 「知識ベース」の画像処理条件の推論結果を適正化するため、画像入力条件等の検討を行いルールの充実を図るとと

もに、ユーザインタフェースなどを改良する。

- ③「知識ベース」と「管理システム」を連携し、「自動検反システム」を高度化する。

2. 実施内容

2.1 検反情報管理システムの開発

(1) 自動検反情報の流れ

「自動検反システム」に関する情報の流れの概念図を図1に示した。

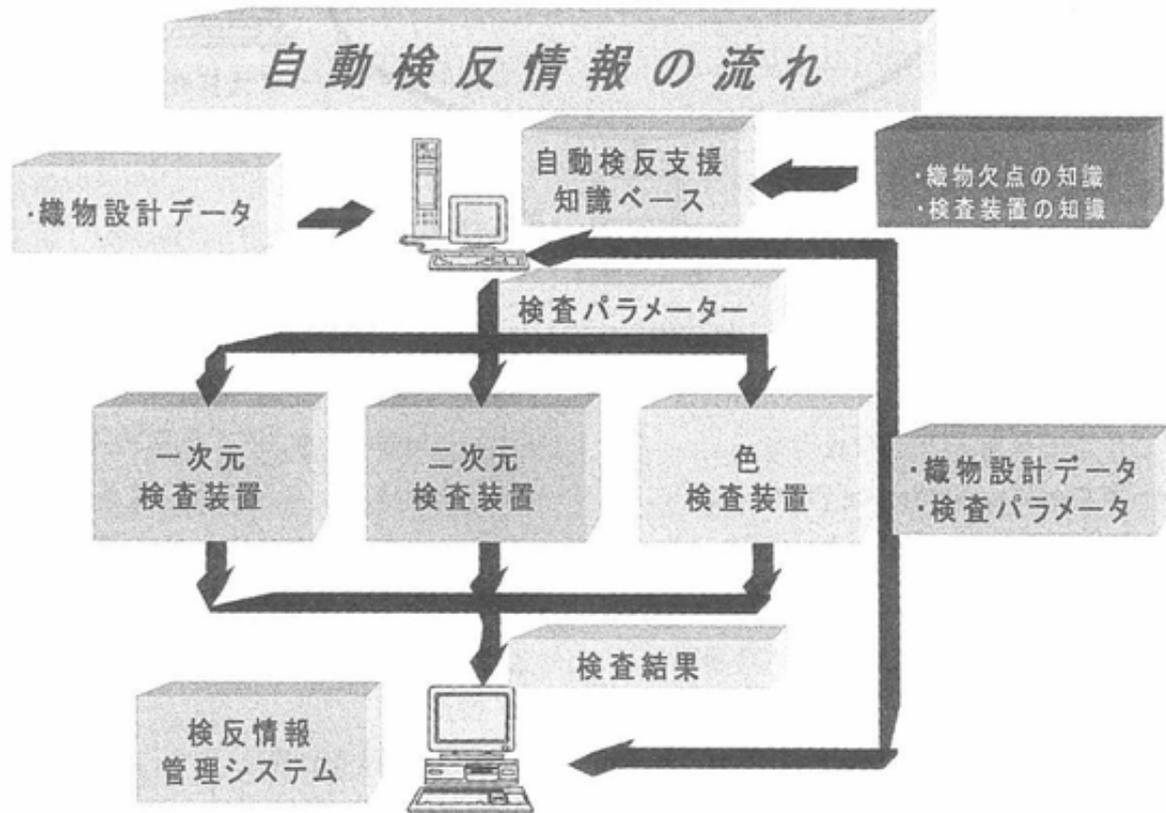


図1 自動検反情報の流れ

織物の自動検査を行うには、各検査装置に検査織物に応じた検査条件を事前に与えなければならない。この条件を導き出すのが、「知識ベース」である。これには、「織物の知識」、「欠点の知識」、「各検査装置の知識」等をルールとして蓄積しており、検査を行う前に、作業員が検査織物の規格設計データを入力し、各検査装置の検査パラメータを「知識ベース」から取得する。取得した検査パラメータを各検査装置に設定し検査を行う。その検査結果は、ネットワーク経由でサーバのデータベースに蓄積される。また、このデータ

ベースには、検査織物の規格設計データ、各検査装置の検査パラメータ等の情報も登録する。したがって、自動検反システムの全ての情報を管理しているのが、開発する「管理システム」である。検査結果、検査パラメータ、織物規格の情報を解析し、最適な検査条件の検討を行い、その情報を「知識ベース」にフィードバックするようなサイクリックなシステムを構築することにより、開発した「自動検反システム」の高度化を図ることができる。

(2) 検反情報管理システムのシステム構成 (図2参照)

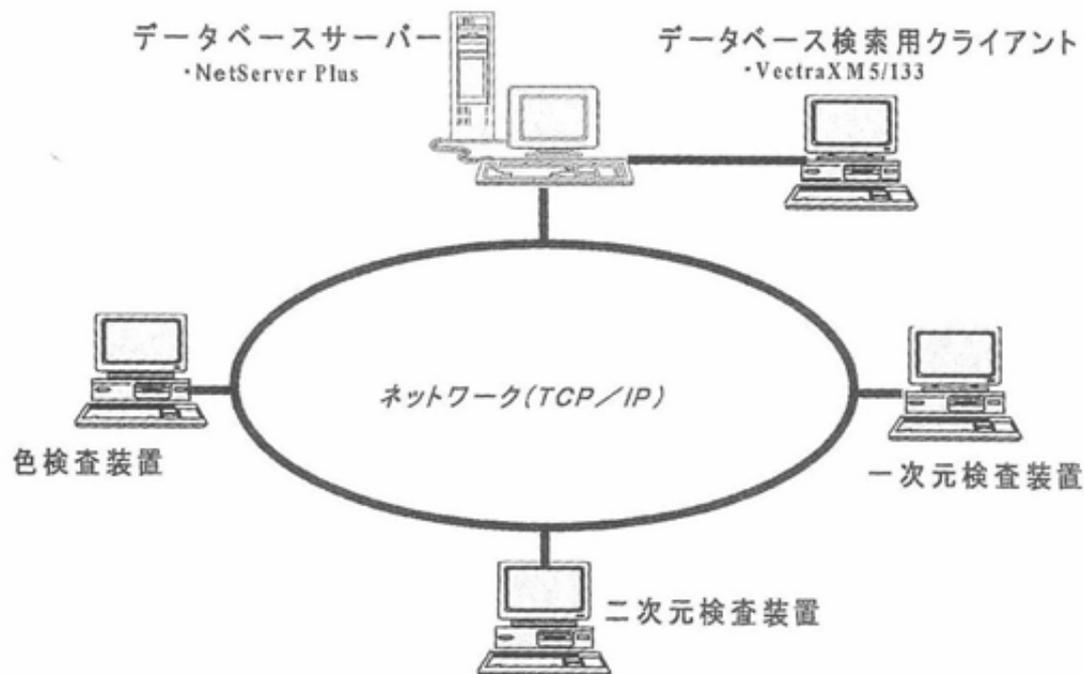


図2 検反情報管理システム

1) データベースサーバー

- ・ハードウェア：NetServer PLUS 5/133
(日本ヒューレットパッカー製)
- ・ソフトウェア

OS：Windows NT 3.51 (マイクロソフト製)

データベース管理ソフト (DBMS)：
SQLサーバー6.0 (マイクロソフト製)

開発ツール：Visual C++ (マイクロソフト製)

ネットワークソフト：Chameleon 32
NFS (ネットマネージ製)

2) データベース検索クライアント

- ・ハードウェア：VectraXM5/133 (日本ヒューレットパッカー製)
- ・ソフトウェア

OS：Windows95 (マイクロソフト製)
データベースGUIソフト：Excel95
(マイクロソフト製)

開発ツール：Visual BASIC for

Application (マイクロソフト製)

ネットワークソフト：マイクロソフト
ネットワーククライアント (マイクロソフト製)

3) 検査装置

ア. 一次元検査装置

OS：OS9 (マイクロウェア製)

ネットワークソフト：NFSクライアントソフト (フォークス製)

アプリケーションソフト：オンライン検査ソフト

イ. 二次元検査装置

OS：MS-DOS (マイクロソフト製)

ネットワークソフト：PC/TCP Ver6.0、
NFSクライアント (アライドテレシス製)

アプリケーションソフト：オンライン検査ソフト

ウ. 色検査装置

OS：MS-DOS (マイクロソフト製)

ネットワークソフト：PC/TCP Ver6.0、
NFCクライアント（アライドテレ
シス製）
アプリケーションソフト：オンライ
ン検査ソフト

(3) 検査結果のデータベース登録

1) 概要

検査結果をデータベースへ登録するプログラムは、データベースサーバ上で検査前に起動しておく。使用した開発ソフトは、VisualC++で、起動画面を図3に示した。

なお、サーバー側は「NFSサーバー」のソフトを起動し、各検査装置側は「NFSクライアント」のソフトを起動する。そして検査装置は、サーバーの所定のディスクの指定領域を仮想ディスクとしてマウントし、検査結果を指定領域に出力するようにオンラインソフトを設定する。

2) 処理内容

3種類の検査装置から出力される検査結果は、所定のフォーマットのテキストファイルとして、NFSでマウントしたサーバーに非同期で出力する。ファイル名は「反番.***」である。「***」は、各検査装置毎に定めた。一次元検査装置は「.1ji」、二次元検査装置は「.2ji」、色検査装置は「.col」である。この拡張子によりどの検査装置の結果かを判断している。開発したサーバーのデータベース登録ソフトは、ディスクへの書き込みを常時監視し、検査結果のディスクへの書き込みが発生したら、データベースの「検査結果テーブル」に登録する。

(4) 検反情報管理ソフト

1) 検反情報管理ソフトの概要

検反情報管理ソフトは、データベース検索端末で稼働する。入出力の画面構成は「エクセル」で、データベースの検索等の処理ソフトは Visual Basic for Applicationで開発した。サーバ上に「SQLサーバー」を用いて構築したデータベースへデータを登録したり、登録データを修正したりするために、所定のデータベース問い合わせ言語（SQL）をデータベースに出力し、その結果を端末側の「エクセル」のワークシート上に書き込んだり、画面に表示したりする。

データベースを構成しているテーブルは、織物規格設計情報を登録する「規格テーブル」、一次元検査パラメータを登録する「一次元テーブル」、二次元検査パラメータを登録する「二次元テーブル」、色検査パラメータを登録する「色テーブル」、検査結果を登録する「検査結果テーブル」である。

2) メインメニュー

開発したソフトのメインメニューを図4に示した。各選択項目をマウスで選択し、次の処理を実行する。

【1. 規格データ入力】は、織物規格設計データのデータベース登録・検索を行う。

【2. 一次元検査装置】は、一次元検査装置の検査パラメータのデータベース登録・検索を行う。

【3. 二次元検査装置】は、二次元検査装置の検査パラメータのデータベース登録・検索を行う。

【4. 色検査装置】は、色検査装置の検査パラメータのデータベース登録・検索を

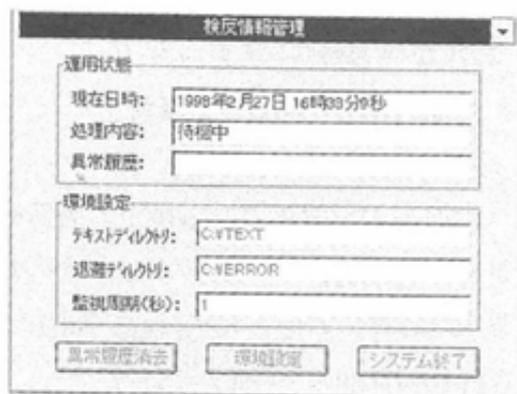


図3 検査結果データベース登録オンラインソフト起動画面

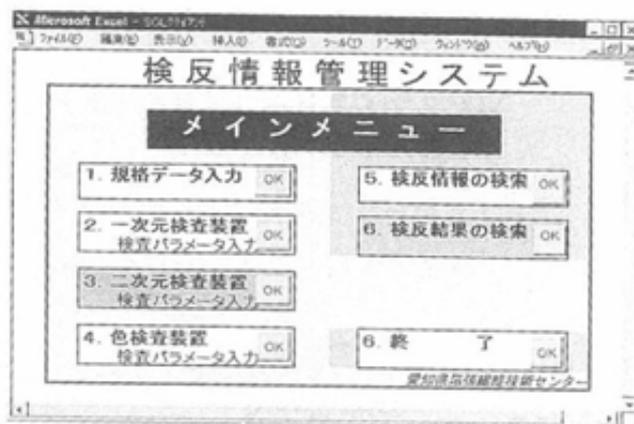


図4 検査情報管理ソフトメインメニュー



図5 織物規格設計データベース登録・検索画面

反	組織	種	対称性	対称材	対称色	対称長	対称幅
00001	平	無地	52	50 桜毛糸	桜毛糸	30	30
00002	平	格子	60	48 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00003	平	ストライプ	60	48 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00004	平	シンプレー	60	48 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00005	平	格子	60	50 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00006	2/2織	平毛格子	60	48 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00007	2/2織	無地	60	48 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00008	2/2織	ボーダー	60	100 桜毛糸	桜毛糸	40	24
00009	2/2織	無地	60	48 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00010	平	無地	60	60 桜毛糸	ポリエステル	24	24
00011	平	無地	60	60 ポリエステル	ポリエステル	30	30
00012	平	無地	60	60 桜毛糸	桜毛糸	40	40
00013	2/4織	無地	60	60 桜毛糸	桜毛糸	30	30
00014	2/4織	無地	60	60 桜毛糸	桜毛糸	30	30
00015	平	無地	60	100 桜毛糸	桜毛糸	24	24
00016	その他	コライプ	60	100 ポリエステル	綿糸	24	24
00017	平	格子	60	100 ポリエステル	綿糸	24	24
00018	2/2織	シンプレー	60	30 ポリエステル	ポリエステル	90	100
00019	平	ストライプ	60	30 桜毛糸	桜毛糸	90	100
00020	平	格子	60	30 桜毛糸	桜毛糸	90	100

図6 「規格テーブル」表示出力画面

行う。

【5. 検査情報の検索】は、織物規格、一次元、二次元、色の各データベーステーブルを統合し、テーブル間の情報検索を行う。

【6. 検査結果の検索】は、検査結果の検索・表示を行う。

【7. 終了】は、本ソフトを終了する。

次に、各選択項目を選択したときの各サブメニューについて説明する。

3) 織物規格設計データのデータベース登録・検索等処理

検査織物の規格設計データを、反番毎にデータベースの「規格テーブル」に登録・修正・削除などの処理を行う。入力画面を図5に示した。入力データには、反番・素材情報・製織・仕上情報・色糸情

報などがある。素材や組織など入力欄に下向きの矢印がある場合は複数の選択項目から一つをマウスで選択する。その他は数字あるいは文字列を入力する。画面の下に設置したボタンで所定の処理を実行する。ボタンの処理内容は次の通りである。

【データ登録】は、所定の入力欄にデータを入力後、反番名で「規格テーブル」に新規登録する。

【データ呼出】は、入力した反番名のデータベース登録内容を「規格テーブル」から入力欄に呼び出す。

【データ修正】は、入力した反番名のデータベースの登録内容を入力欄に入力した内容で修正する。

【データ削除】は、入力した反番名のデータベース登録内容を「規格テーブル」か

ら削除する。

【データ表示】は、「規格テーブル」の内容を表示する。表示画面を図6に示した。

【色コード入力】は、色糸情報に入力した色コードを「色コードテーブル」に登録するメニューを図7に表示した。ここでは、各色コードの表面色データ (L, a, b) を登録する。

【ファイル読込】は、入力した反番名で、外部テキストファイルから読み込み、入力欄に書き込む。ファイル名は、「反番_des.csv」である。

【ファイル保存】は、入力した反番名で、入力欄の内容を外部記憶装置にテキストファイルとして保存する。ファイル名は、「反番_des.csv」である。

【終了】は、メインメニューに戻る。

4) 一次元検査パラメータのデータベース登録・検索等処理

一次元検査パラメータを、反番毎にデータベースの「一次元テーブル」に登録・修正・削除などの処理を行う。入力画面を図8に示した。入力データには、反番・ハードウェア設定情報 (カメラ・照明など) ・システム設定情報 (蛇行補正など) ・ソフトウェア情報 (2値化、マイクロフィルタ、ムラフィルタなど) などがある。操作ボタン及び出力画面などは、織物規格と同様であるので省略する。テキストファイル名は、「反番_1ji.csv」である。

5) 二次元検査パラメータのデータベース登録・検索等処理

二次元検査パラメータを、反番毎にデータベースの「二次元テーブル」に登

録・修正・削除などの処理を行う。入力画面を図9に示した。入力データには、反番・ハードウェア設定情報 (カメラ・照明など) ・ソフトウェア設定情報 (無地の場合の2値化の閾値など、柄織物の場合の柄のレポート抽出・差分処理など) などがある。操作ボタン及び出力画面などは、織物規格と同様であるので省略する。テキストファイル名は、「反番_2ji.csv」である。

6) 色検査パラメータのデータベース登録・検索等処理

色検査パラメータを、反番毎にデータベースの「色テーブル」に登録・修正・削除などの処理を行う。入力画面を図10に示した。入力データには、反番・色差などの判定情報、測色位置などの設定情報がある。操作ボタン及び出力画面は、織物規格と同様であるので省略する。テキストファイル名は、「反番_col.csv」である。

7) 検反情報の検索

データベースの各テーブルを統合し、所定の検索条件を与えて検索・表示などを行う。織物規格データ、各検査装置の検査パラメータを検索項目とし、検索条件を満足する反番及び検索項目を出力する。検索入力及び検索出力結果の画面を図11、12に示した。検索入力画面 (図11) は、検索項目、検 (=、!=、>、>=、<、<=)、検索データ (入力データが数値の場合、例：織物規格の素材番手、機上密度など)、検索論理条件 (検索項目間の論理条件：AND、OR、NOT) を入力し、右上の検索ボタンをマウスで選択す

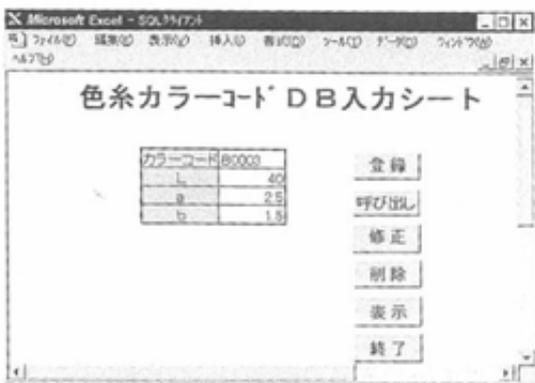


図7 色コード入力画面



図8 一次元検査パラメータデータベース入力・検索画面



図9 二次元検査パラメータデータベース入力検索画面



図10 色検査パラメータデータベース入力検索画面

る。検索出力画面(図12)は、検索条件にマッチングした反番とそれぞれの検索条件を一覧表として出力する。検索例は、検査織物の経糸が「梳毛糸」使いで、一次元検査装置のマイクロフィルター処理の処理方向が「縦横」で、色検査装置の測色条件が「連続」の各条件で検査し、データベースに登録されている反番を抽出したものである。

8) 検査結果の検索

データベースの「検査結果テーブル」から、検査結果を検索する入力画面を図13に示した。検索項目は、検査日時と反番である。両方の検索項目を入力した場合は、ANDの論理条件で検索する。反番を入力して検索した結果を図14に示した。検索結果の一つを選択して、詳細ボタン

をマウスで選択すると、検査結果の詳細を表示する。図15に詳細画面を示した。表示したデータは、一次元検査結果の例である。欠点の位置(織物の長さ&幅)と欠点と判定した特徴量のデータを示した。さらに、上部に設置した「一次元検査結果のグラフ化」ボタンを選択すると、この検査結果のデータをグラフ化する(図16)。横軸が織物の長さ、縦軸が織物の幅である。プロット点が欠点の位置である。色、二次元検査も同様の詳細画面及びグラフ化を行うが、ここでは省略する。

また一次元の検査結果の場合、欠点を次の判別式により4種類(点、面、縦線、横線)の形状に分類して表示した。これは、「知識ベース」の検査パラメータのルールにフィードバックし反映される。



図11 検索情報検索画面

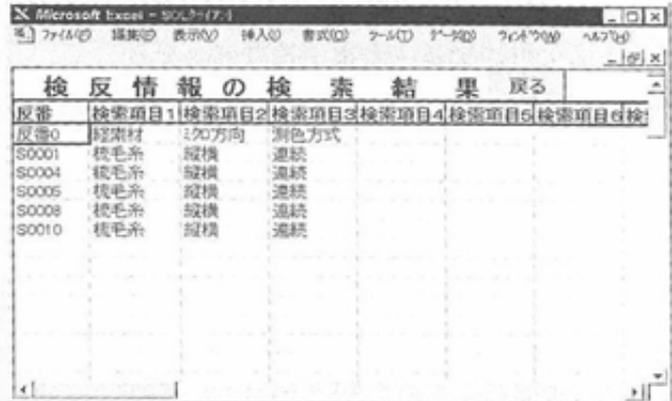


図12 検索情報検索結果出力画面



図13 検査結果検索画面



図14 検索結果出力画面



図15 検索結果詳細画面

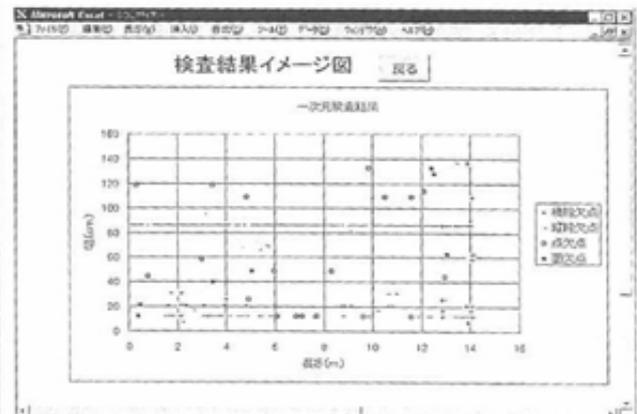


図16 検査イメージ図 (一次元検査)

- ・横線欠点： $(|x(i) - x(i+j)| < 30\text{cm})$
AND $(|y(i) - y(i+j)| < 1\text{cm})$
この条件を満足する点が3点以上ある場合
- ・縦線欠点： $(|x(i) - x(i+j)| < 1\text{cm})$
AND $(|y(i) - y(i+j)| < 30\text{cm})$

- この条件を満足する点が3点以上ある場合
- ・点欠点： $(|x(i) - x(i+j)| > 10\text{cm})$
AND $(|y(i) - y(i+j)| > 10\text{cm})$
縦線・横線欠点を除き、この条件を満足する点がある場合

- ・面欠点：横線・縦線・点以外の欠点
ここで、 i は欠点の番号、 $x(i)$ は、欠点の幅方向の位置(cm)、 $y(i)$ は欠点の長さ方向の位置(m)である。

2.2 「知識ベース」の高度化について

「知識ベース」を高度化するため、次の項目について検討を行った。

- ①画像処理パラメータを適正化するため画像処理条件の検討
- ②ユーザインタフェース等の検討

(1) システムの概要

「知識ベース」の開発は次のシステムで行った。ハードウェアは、(株)東芝製のAS4080 (OS：SUN-OS4.13)、ソフトウェアは、エキスパートシステム構築ツールART/IM ((株)インフェレンス製)及びC言語を使用して開発した。知識は、素材の知識、織物の知識、仕上げの知識、欠点の知識、各検査装置の知識をフレーム(スキーマ)及びプロダクションルールで記述した。

開発したシステムは、ユーザが入力するのは検査織物の規格設計データのみである。入力後推論エンジンが働き、推論結果として「発生しやすい欠点名」、「一次元検査装置検査パラメータ」、「二次元検査装置検査パラメータ」、「色検査装置検査パラメータ」を出力する。

(2) 知識の高度化

一次元・二次元検査装置の画像処理条件(カメラの絞り、照明条件、2値化の閾値、二次元のレポート抽出処理の処理画面選択など)を検査織物の表面色をはじ

めとする織物設計データから推論する。このためには、設計データから得られる織物の表面色・カメラの絞り・照明の設定値等から、カメラで取り込んだ画像の輝度データ(一次元はモノクロ画像(B/W画像)の輝度：0~255階調、二次元はカラー画像(Y、R-Y、B-Y画像)の輝度：0~255階調)を事前に推定する必要がある。この推定式を求めるため重回帰分析による検討を行った。

1) 輝度データの測定

試料のLab値、一次元・二次元の各カメラの絞り条件から各カメラの輝度データ(一次元：B/W値、二次元：Y値、R-Y値、B-Y値)推定する推定式を検討するため、表面色を測定した24種類の試料(表1)で、カメラの絞り条件・照明条件(表2)を変えて輝度データを測定した。表1に各試料のLabの測定結果をまとめた。輝度データの測定結果の1例を図17に示した。

表1 試料及び測色データ

番号	色	測色データ		
		L	a	b
1	白	76.55	-1.06	5.34
2	黒	12.61	0.04	-0.98
3	灰	52.98	0.03	1.13
4	灰②	52.38	-0.04	0.85
5	淡灰茶	71.73	0.08	4.71
6	淡ベージュ	71.49	0.03	4.02
7	灰茶	56.43	2.57	5.70
8	ベージュ	69.38	0.00	10.36
9	オリーブ	46.20	3.84	9.42
10	黄	70.69	-5.54	48.95
11	メラルドグリーン	66.76	-23.24	3.99
12	緑	56.71	-19.08	8.95
13	淡緑	60.86	-12.99	3.25
14	青	33.83	9.77	-50.75
15	淡青①	61.90	-1.96	-11.21
16	淡青②	63.72	-1.98	-11.78
17	淡青③	69.97	-1.69	-9.13
18	青②	51.18	-8.15	-23.81
19	紫	27.75	5.67	-10.72
20	淡紫	53.44	11.28	-14.31
21	赤紫	50.70	15.94	-5.09
22	ピンク	46.28	40.74	-12.16
23	濃ピンク(赤)	45.93	48.07	3.42
24	淡ピンク	63.40	20.12	-3.62

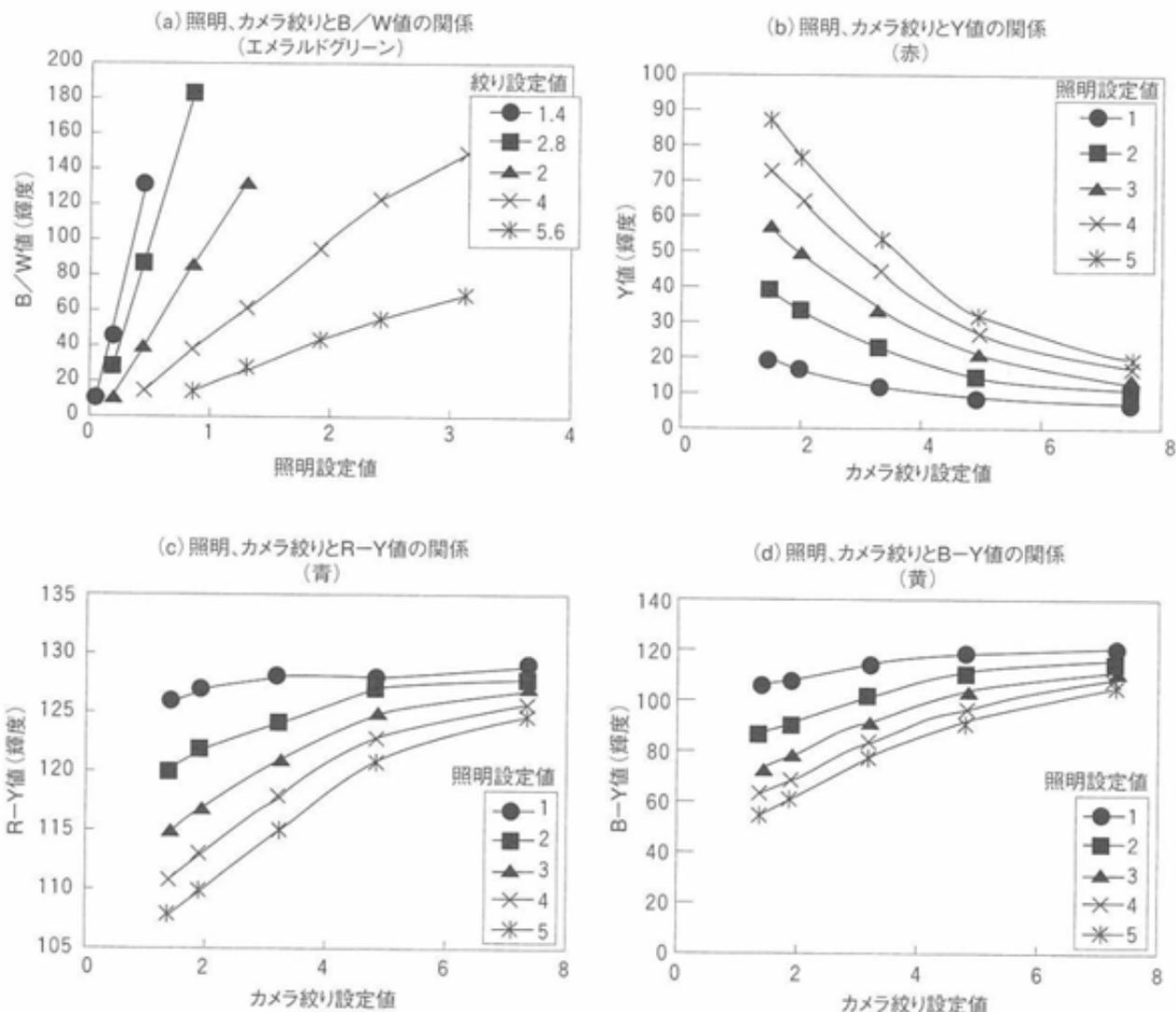


図17 照明、カメラ絞りと輝度データの関係

表2 1次元カメラ・2次元カメラの絞り及び照明条件

1次元カメラ	絞り	1.4、2.0、2.8、4.0、5.6
	照明 (lx)	3(450)、4(1,800)、5(4,400)、6(8,500)、7(13,000) 8(19,000)、9(24,000)、10(31,000)
2次元カメラ	絞りレベル (絞り)	10(1.4)、9(1.9)、8(3.2)、7(4.8)、6(7.3)
	照明	1、2、3、4、5

2) 推定式の作成

推定式は、輝度データと試料の表面色、照明条件、絞り条件との関係を重回帰分析を用いて分析し、得られた重回帰式を輝度データの推定式とした。

重回帰分析は目的変数とその目的変数を説明する条件変数の関係を分析し、条件変数の影響の度合いを偏回帰係数として表すものである。重回帰分析で得られ

る重回帰式は式1の形で表される。

$$\text{目的変数} = \text{偏回帰係数} \times \text{条件変数} + \dots + \text{定数項 (式1)}$$

ア. 重回帰分析の条件

重回帰分析の実施方法として、提示された条件変数の全ての関係を分析する全変数法と、提示された変数の内、適当な閾値で変数を選択し、その関係を分析する変数増加法、変数減少法、変数増減法がある。重回帰式の精度が低くなる要因として、①無駄な条件変数が含まれている、②必要な条件変数が含まれていない、③条件変数の中に非常に相関の高い変数の組み合わせが含

まれている、ということが知られているので、ここでは、重回帰式の精度を上げるため、実際に必要な変数を採用しなかったり、実際には必要でない変数を採用したりすることのない変数増減法を採用した。変数選択の閾値は式2で表すF値を用いた。経験的にF値が2以上ならば有用な変数、2未満ならば不要の変数として変数選択を行うと良い回帰式が得られるので、変数選択の閾値 $F = 2.0$ で重回帰分析を行った。 $F = \{(\text{偏回帰係数}) / (\text{偏回帰係数の標準誤差})\}^2$ (式2)

イ. 重回帰分析の実施方法

重回帰分析は、測定した輝度データを目的変数として条件変数との関係进行分析する方法（以後、データ法と呼ぶ）と、色ごとに図17のように照明あるいは絞りの変化に対する輝度成分の測定値の変化をグラフにプロットして、グラフの近似曲線式を求め、その近似曲線の各項の係数を目的変数として条件変数との関係进行分析する方法（以後、係数法と呼ぶ）の2種類のデータの取り扱い方法で実施した。

データ処理方法として、データ全数を一括で分析する方法（以下一括処理と呼ぶ）と一次元カメラによる輝度データは絞りごとに、二次元カメラによる輝度データは照明ごとに分類して分析する方法（絞り（照明）別処理と呼ぶ）の2つを検討した。

ウ. 条件変数の候補の選定

各輝度データとL値、a値、b値、絞り、照明の関係をグラフにプロットして関係を調べた。その結果、関係が不明確なものもあったが、絞り・照明と各輝度データ、L値とY値、b値とB-Y値で2次あるいは1次

の関係を見いだした。そこで、2次までの項が各輝度データに影響を与えていると考え、表3のように条件変数の候補を選定した。

表3 各輝度成分の条件変数

	データ法	係数法
一次元B/W	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、絞り、絞り ² 、照明	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、絞り、絞り
二次元Y	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、絞り、絞り ² 、照明、照明	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、照明、照明
二次元R-Y	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、絞り、絞り ² 、照明、照明 ²	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、照明、照明 ²
二次元B-Y	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、絞り、絞り ² 、照明、照明 ²	L、L ² 、a、a ² 、b、b ² 、照明、照明 ²

エ. 重回帰分析の実施手順

重回帰分析はエクセルに(株)社会情報サービス製エクセル統計97を組み込んで次の手順で実施した。

- ①目的変数と説明変数を選択する。
- ②重回帰分析を実行する。
- ③残差（観測値と理論値の差）が他と比べて極端に異なるデータを削除して、再度重回帰分析を実施する。
- ④残差が極端に異なるものがなくなるまで

以上の操作を繰り返す。

オ. 推測式の評価方法

重回帰分析で得られた推測式の評価は、推測式で得られた推測値と実際の観測値との相関係数で評価した。

3) 重回帰分析の結果

ア. 一括処理

データ法で得られた各輝度データの推測式による推測値と観測値の関係のうち、B/W値の結果を図18(a)、R-Y値の結果を図19(a)に示した。また、係数法で得られた各輝度データの推測式による推測

値観測値の関係のうち、B/W値の結果を図19 (b)、R-Y値の結果を図19 (b) に示した。推測値と観測値の相関係数を調べると、B/W値以外係数法の方が高いことがわかった。

イ. 絞り (照明) 別処理

データ法で得られた各輝度データの推

測式による推測値と観測値の関係のうち、B/W値の結果を図18 (c)、R-Y値の結果を図19 (c) に示した。また、係数法で得られた各輝度データの推測式による推測値と観測値の関係のうち、B/W値の結果を図18 (d)、R-Y値の結果を図19 (d) に示した。推測値と観測値の相関係数を調べると、係数法の方が高いことがわかった。

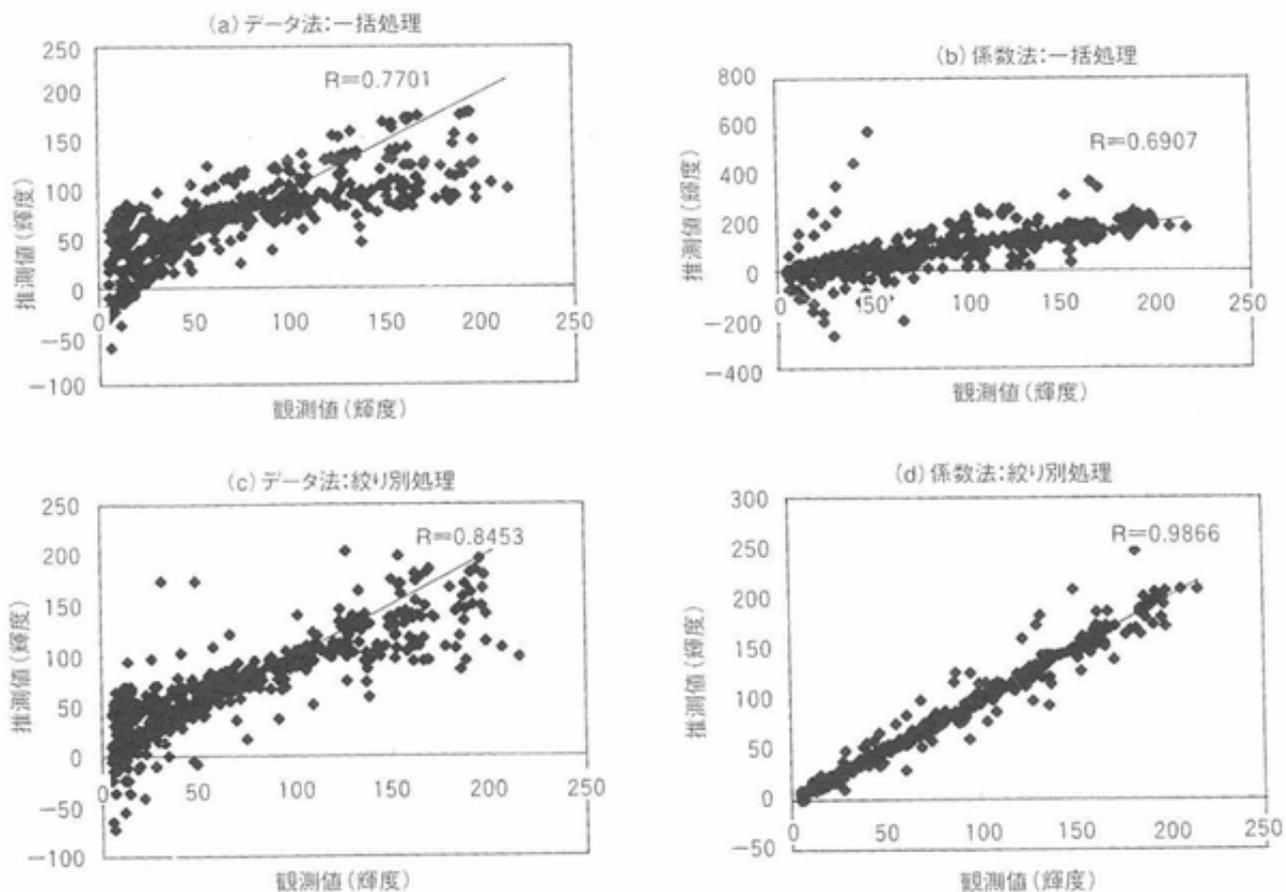


図18 観測輝度と推測輝度の関係 (B/W値)

ウ. 一括処理、絞り (照明) 別処理で得られた推測式の評価

それぞれ方法での推測値と観測値の相関係数の関係を表4にまとめた。個々の輝度データでは係数法の方が相関係数が高くなる傾向があり、一括処理と絞り (照明) 別処理の関係では、絞り (照明) 別処理の方が相関係数が高くなる傾向があった。

このことにより、データ法よりは係数

法、一括処理よりは絞り (照明) で分けて重回帰分析を行った方が最適な推測式が得られることが分かった。

4) 推測式の精度向上のためのアプローチ

推測値と観測値との相関係数がより高い推測式を得るため、絞り (照明) 別処理をもとに、ある一定以上の値とそれ未満の2つに分けて重回帰分析を行う方法 (分割処理と呼ぶ) を検討した。

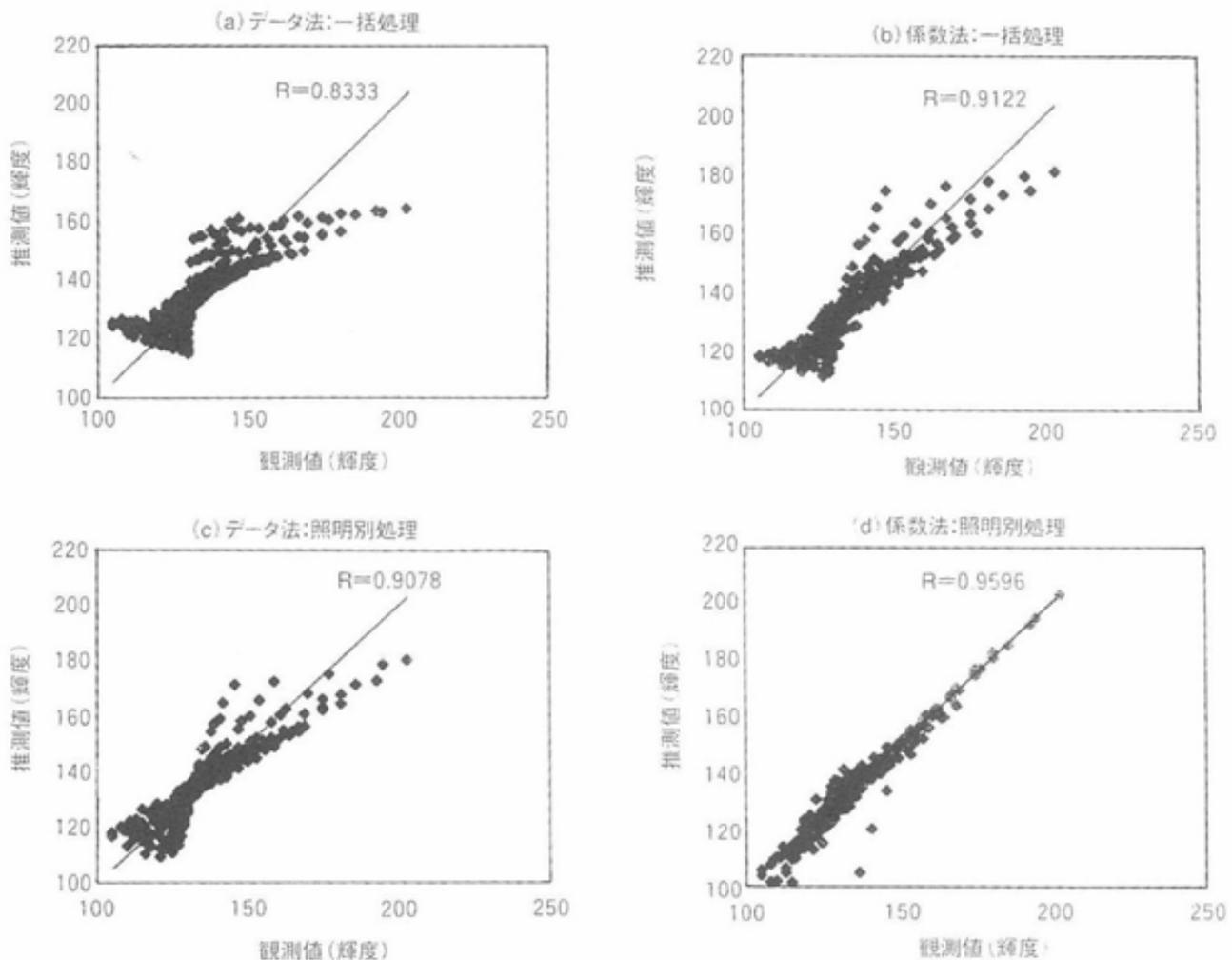


図19 観測輝度と推測輝度の関係 (Y値)

表4 一括処理、絞り(照明)別処理で得られた推測値の相関係数

	1次元目/W		2次元Y		2次元R-Y		2次元B-Y	
	データ法	係数法	データ法	係数法	データ法	係数法	データ法	係数法
一括処理	0.770	0.691	0.910	0.967	0.833	0.912	0.824	0.876
照明(絞り)別処理	0.845	0.987	0.970	0.993	0.908	0.960	0.902	0.942

ア. 分割基準の設定

分割するための基準値を選定するため、それぞれの輝度データの観測値と推測値の差を残差とし、L、a、b値と残差の関係をプロット(図20参照)し、残差が0に収束するグラフを選択した。その結果B/W値ではa値、Y値ではL値、B-Y値ではL値のグラフが該当した。また、分割の閾値は、残差グラフで残差のばらつきが0に収束している点(図20ではL=55)を分割の閾値とした。その結果、B/W値はa=1、Y値

はL=55、B-Y値はL=60で、2つに分割し、2本の推定式を求めた。

R-Y値は上述の方法より、観測値をa、b値の絶対値の大小関係で分割することにより良好な結果が得られたためこの方法で分割した。

なお、重回帰分析を行う際、データ数の不足を防ぐため、閾値を中心としてデータ数が最低15個になるよう重複する部分をつくって実施した、また比較のためデータ法でも重回帰分析を行った。

イ. 分割処理による重回帰分析の結果

分割処理による分析結果は次のようになった。

データ法で得られた各輝度データの推

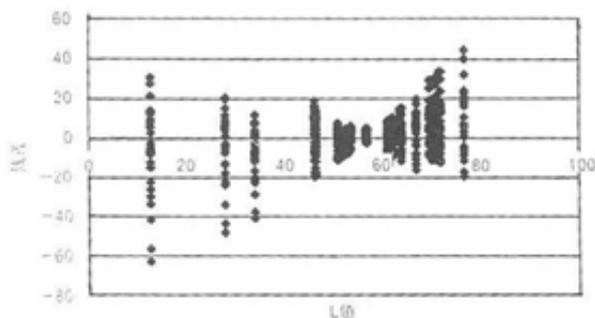


図20 L値と残差の関係

測式による推測値と観測値の関係のうち、B/W値の結果を図21 (a)、R-Y値の結果を図21 (b) に示した。また、係数法で得られた各輝度データの推測式による推測値観測値の関係のうち、B/W値の結果を図21 (c)、R-Y値の結果を図21 (d) に示した。推測値と観測値の相関係数を調べると、他のデータ処理法同様、係数法の方が高くなる傾向を示した。

ウ、分割処理で得られた推測式の評価

分割処理で得られた推測式による推測値と観測値の相関関係を表5 (下段の1行) に示した。一括処理、絞り(照明)別処理と比べて、相関係数が高くなり、より精度の高い推測式が得られた。

この結果により、「知識ベース」に組み込む推測式は分割処理で得られた式を用いた。

表5 一括処理、絞り(照明)別処理、分割処理で得られた推測値の相関係数

	1次元目/W		2次元Y		2次元R-Y		2次元B-Y	
	データ法	係数法	データ法	係数法	データ法	係数法	データ法	係数法
一括処理	0.770	0.691	0.910	0.967	0.833	0.912	0.824	0.876
照明(絞り)別処理	0.845	0.987	0.970	0.993	0.908	0.960	0.902	0.942
分割処理	0.877	0.991	0.989	0.997	0.910	0.978	0.919	0.968

(3) ユーザーインターフェースの高度化

データ入力、結果の出力、結果の修正など、「知識ベース」の処理の流れが明瞭に

なるようにユーザーインターフェースを改良した。処理の流れに沿って画面構成を説明する。

1) メニュー画面 (図22)

「知識ベース」のメニュー画面で、反番(品番)を入力し、次の各項目をマウスで選択し各処理画面に移行する。選択項目は、【織物規格入力】、【組織入力】、【色糸配列入力】、【推論実行】、【終了】である。【織物規格入力】、【組織入力】、【色糸配列入力】の所定の項目を入力後、【推論実行】を選択する。なお、【織物規格入力】で、既存の組織(たとえば平、綾、朱子など)を選択した場合は、【組織入力】は省略できる。

2) 規格設計データ入力画面 (図23)

メニュー画面で入力した反番に関する織物設計データを入力する。入力するデータは、素材情報・製織情報・仕上げ情報である。また、入力したデータをテキストファイルとして反番名で外部の記憶装置に保存したり、また外部のファイルから読み込んだりできるようにした。テキストデータのフォーマットは、検反情報管理システムとデータ互換があるように、CSVフォーマットとした。ファイル名は、「反番_des.csv」である。

3) 組織図、経緯配列・色糸情報入力

組織図及び経緯配列・色糸情報の入力画面は前報³⁾を参照。

4) 欠点推論結果 (図24)

起動メニューの推論ボタンを選択すると、入力した設計データから推論エンジンが働き、欠点名が表示される。これは、

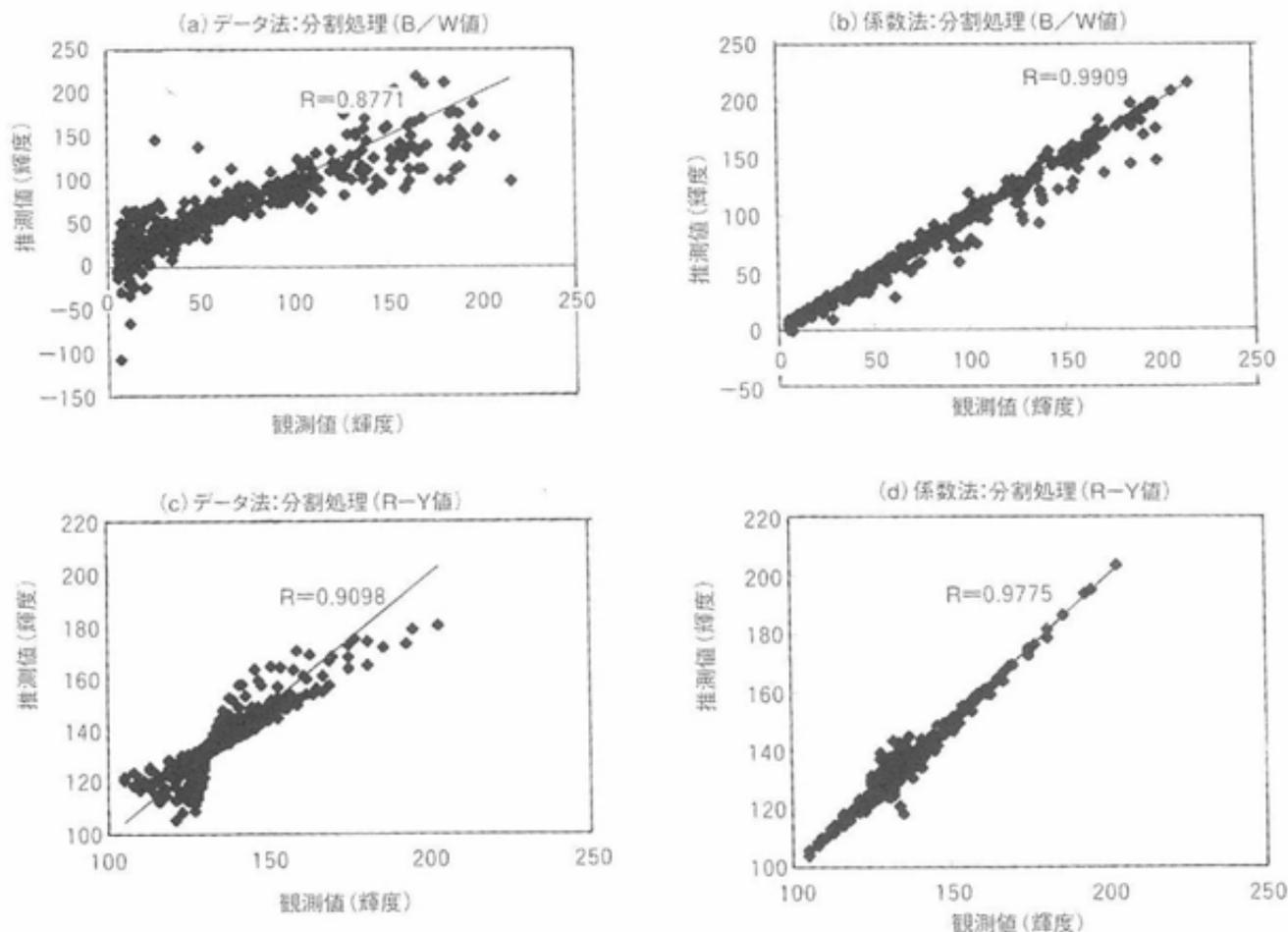


図21 L値と残差の関係

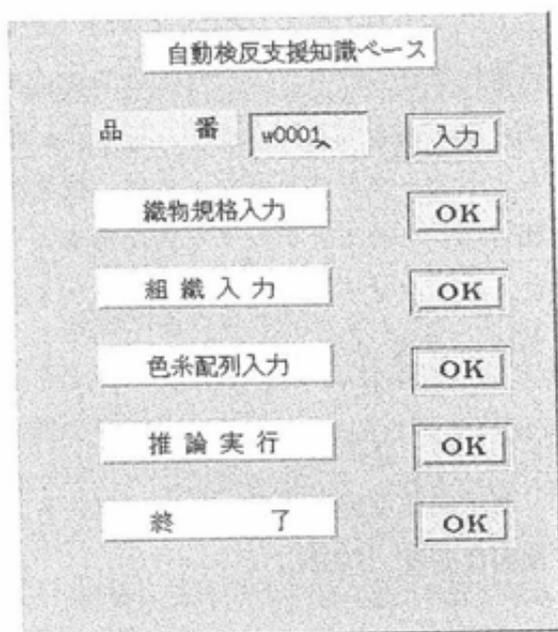


図22 自動検反支援知識ベース起動メニュー

規格データと蓄積されている発生しやすい欠点の情報との事例ベース推論を行い、

「欠点名」、「スコア（欠点の発生しやすさ）」、「欠点の形状（縦線、横線、点、面）」を出力する。出力された欠点の形状毎にスコアを合計し、最も大きなスコアになった欠点形状により、次元検査装置の検査パラメータ（マイクロフィルターの処理方向やムラフィルターのセクターサイズなど）の設定ルールとして働く。なお、発生する可能性の高い欠点が見つからない」というメッセージが出力される。

5) 検査パラメータ出力メニュー（図25）

欠点推論結果の【終了】ボタンを選択すると検査パラメータ推論結果の表示メ

検査織物の規格

品番 R0001 HELP

<p>たて糸原料</p> <p>たて糸原料</p> <p>たて糸原料</p> <p>たて糸原料</p> <p>selection</p> <p>たて絞糸糸</p> <p>OK</p>	<p>よこ糸原料</p> <p>よこ糸原料</p> <p>よこ糸原料</p> <p>よこ糸原料</p> <p>selection</p> <p>よこ絞糸糸</p> <p>OK</p>	<p>組織</p> <p>組織</p> <p>2/1 絞織</p> <p>2/2 絞織</p> <p>selection</p> <p>平織</p> <p>OK</p>	<p>柄</p> <p>柄</p> <p>ストライプ</p> <p>ボーダー</p> <p>selection</p> <p>無地</p> <p>OK</p>
<p>たて糸構造</p> <p>たて単糸</p> <p>たてフィラメント</p> <p>selection</p> <p>たて双糸</p> <p>OK</p>	<p>よこ糸構造</p> <p>よこ単糸</p> <p>よこフィラメント</p> <p>selection</p> <p>よこ双糸</p> <p>OK</p>	<p>仕上</p> <p>仕上</p> <p>ミルド</p> <p>起毛</p> <p>selection</p> <p>クリア</p> <p>OK</p>	<p>織機</p> <p>織機</p> <p>ジョンヘル</p> <p>エアジェット</p> <p>selection</p> <p>レピア</p> <p>OK</p>

<p>番手(単糸相出 Nm)</p> <p>たて 30 OK</p> <p>よこ 30 OK</p>	<p>長さ (m)</p> <p>50 OK</p>	<p>幅 (cm)</p> <p>150 OK</p>	<p>ファイル読込</p> <p>読込</p>
<p>撚数(回/10cm)</p> <p>たて 60 OK</p> <p>よこ 60 OK</p>	<p>たて撚方向</p> <p>よこ撚方向</p> <p>^ S (右) v S (右)</p>	<p>ファイル保存</p> <p>保存</p>	
<p>機上密度(本/1inch)</p> <p>たて 50 OK</p> <p>よこ 55 OK</p>	<p>^ Z (左) ^ Z (左)</p>	<p>OK</p>	<p>完了</p>
<p>仕上密度(本/10cm)</p> <p>たて 210 OK</p> <p>よこ 220 OK</p>			

図23 織物規格設計データ知識ベース入力画面

ニューが表示される。これは、各検査装置の検査パラメータを表示するための選択メニューである。【一次元検査装置】、【二次元検査装置】、【色検査装置】の選択ボタンをマウスで選択することによりそれぞれの結果が表示される。

6) 一次元検査パラメータ

一次元検査装置の検査パラメータ推論結果の表示画面が図26である。ハードウェアの設定条件（カメラの絞り、照明条件、照明の設定値など）、ソフトウェアの設定条件（単純2値化の閾値・判定値、マイクロフィルタ、ムラフィルタの閾値など）などを表示する。この中で、カメラの絞り、照明の設定値、各フィルタの2値化閾値は、前節で求めた重回帰式の結

果をルール化したものから推論したものである。

画面の右下ボタン、【テキスト保存】は、推論結果のパラメータを、ファイル名「反番名_lji.csv」でテキストファイルとして外部記憶装置に保存する。このファイルは、前章で説明した、「管理システム」とデータ互換を図るため共通フォーマットとした。

また、【テストラン修正】ボタンは、検査パラメータを修正する画面である。取得した検査パラメータで検査する前にテストランを行い、その際に得られた修正用データで検査パラメータの修正を可能にした。その修正画面が図27である。テストランで修正できるのは、単純2値化閾値、マイクロフィルタの閾値、ムラフィル

タの閾値である。それらを修正するために取得した修正用データは、原画像、マイクロフィルタ処理画像、ムラフィルタ処理画像の平均輝度及び標準偏差である。データを入力後、更新ボタンを選択すると、修正用のルールが走り、結果パラメータ画面を修正する。なお、テストランに必要な布の長さは20~30cmである。

7) 二次元検査パラメータ

二次元検査装置の検査パラメータ推論結果は、ここでは省略するが、ハードウェアの設定条件（カメラの絞り、照明の設定値など）、柄の情報（柄の種類、経緯の柄のレピートサイズ、レピートを抽出する画像など）、ソフトウェアの設定条件（無地織物：2値化の閾値・判定値、

欠点推論結果		
推論結果は次のとおりです		
欠点名	スコア	欠点形状
1 筈筋立ち	0.14	縦線
2 薄段	0.33	横線
3 厚段	0.33	横線
4 蚊肌痕	0.45	点
5 テンプル痕	0.68	点

END

図24 欠点推論結果出力画面

一次元検査装置検査条件						
品番	W0001					
選択するかどうか	する					
ハードウェア設定条件						
カメラレンズの絞り	4					
照明方法、設定値	反射		6			
	位置ずれ基準値	ゾーン分割数	ウィンドウ数	セクター加算数		
システム設定条件	291	8	8	100		
ソフトウェア設定条件						
	閾値	判定値				
単純2値化用処理	121	03				
暗処理	81	03				
	処理方向	閾値	判定値			
マイクロフィルタ処理	縦横	30	03			
	縦サイズ	横サイズ	グループ数	判定値縦方向	判定値横方向	減算値
ムラフィルタ処理CH1	4	4	10	500	500	0
ムラフィルタ処理CH2	8	8	5	2000	2000	0
<input type="button" value="テストラン修正"/> <input type="button" value="テキスト保存"/>						
<input type="button" value="了解"/>						

図26 一次検査パラメータ推論結果

検査パラメータ推論結果	
品番	W0001
一次元検査装置	<input type="button" value="OK"/>
二次元検査装置	<input type="button" value="OK"/>
色検査装置	<input type="button" value="OK"/>
ヘルプ	<input type="button" value="OK"/>
終了	<input type="button" value="OK"/>

図25 検査パラメータ推論結果表示メニュー

一次元検査装置テストランによるパラメータ修正					
	平均輝度		標準偏差		
原画像入力	150	<input type="button" value="OK"/>	11.5	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="更新"/>
マイクロ処理画像	30	<input type="button" value="OK"/>	1.5	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="更新"/>
ムラ処理画像(縦)入力	300	<input type="button" value="OK"/>	21.5	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="更新"/>
ムラ処理画像(横)入力	300	<input type="button" value="OK"/>	21.5	<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="更新"/>
修正完了					<input type="button" value="OK"/>

図27 一次検査パラメータ修正データ入力画面

柄織物：レピート抽出法（周辺分布処理、パターンマッチング処理）、レピート抽出精度、差分処理の2値化閾値などを表示する。一次元同様、カメラの絞り、照明の設定値、各処理の2値化閾値は、重回帰式の結果をルール化したものから推論する。

また、一次元同様、【テキスト保存】、【テストラン修正】ボタンを設置した。テキスト保存のファイル名は、「反番_2ji.csv」である。テストランによる修正は、無地の場合は、原画像の平均輝度及び標準偏差、柄織物は差分処理画像の平均輝度及び標準偏差を所定の入力欄に入力し「更新」ボタンを選択すると、修正用のルールが走り、結果パラメータ画面を修正する。なお、テストランに必要な布の長さは約50cmである。

8) 色検査パラメータ

色検査装置の検査パラメータの推論結果も、ここでは省略するが、判定基準データ（ ΔE 、 ΔL 、 $CMC1:1$ など）、測色位置データ（トラバースパターン）などを出力する。

また、一次元同様、【テキスト保存】、【テストラン修正】ボタンを設置した。テキスト保存のファイル名は、「反番_col.csv」である。テストランによる修正は、測色データL、a、bを所定の入力欄に入力し「更新」ボタンを選択すると、

修正用ルールが走り、結果パラメータ画面を修正する。なお、テストランに必要な布の長さは約20cmである。

3. まとめ

自動検反システムを高度化するため検討を行い得られた成果は次の通りである。

- (1) 織物を自動検査するため検査情報（織物規格データ、各検査装置検査パラメータ）と検査結果をクライアント・サーバ型のデータベースに登録・検索等を行うシステムを構築し、検査情報の解析を可能とした。
- (2) 自動検反支援知識ベースを高度化するため、画像処理とくに画像入力時の設定条件のルールを充実するため、検査織物の表面色、カメラの絞り、照明などと得られる画像の輝度を導き出す重回帰式を求め、画像処理関係のルールを充実させた。また、知識ベースのユーザインタフェースを改良し処理の流れをわかりやすくした。

参考文献

- 1) 安藤、池口 テキスタイル&ファッション,12,No.7,'95,349
- 2) 安藤、池口 同上 ,13,No.11,'97,633
- 3) 安藤、池口 同上 ,14,No.3,'97,104
- 4) 田中豊；”統計解析ハンドブック・多変量解析”、共立出版(株)