

平成 21 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「繊維・織物製品の画像検反アルゴリズムとその周辺装置の開発」

研究開発成果等報告書

平成 22 年 3 月

委託者 近畿経済産業局

委託先 財団法人京都高度技術研究所

目次

第 1 章	研究開発の概要	2
1.1.	研究開発の背景・研究目的及び目標	2
1.2.	研究体制	3
1.3.	成果概要	5
1.4.	当該研究開発の連絡窓口	6
第 2 章	本論	7
2.1.	輝度分布が一定で安定した織物画像データの取得	7
2.2.	不安定に歪んだ織物画像の整列補正アルゴリズム	12
2.2.1.	正規化相互相関による整列アルゴリズム	12
2.2.2.	小区画に分割し、良品画像に近づける補正アルゴリズム	13
2.2.3.	まとめ	13
2.3.	HALCON を用いた画像処理プログラムの構築	15
2.3.1.	経糸方向寸法計測	15
2.3.2.	緯糸方向寸法計測、巾方向寸法不揃い、巾方向寸法蛇行	15
2.3.3.	バリエーションモデル	16
2.3.4.	レーザーによる糸毛羽の認識	18
2.3.5.	縫い目の検出数による経糸切れ、緯糸切れの認識	18
2.3.6.	まとめ	18
2.4.	長尺織物生地を安定して自動送り、カメラ撮影するための機構	19
2.5.	専門知識を必要としない操作装置の開発	23
2.5.1.	ハードウェア	23
2.5.2.	ソフトウェア（アプリケーション）	23
2.6.	実際の多種多様な繊維・織物製品での検証テスト	28
第 3 章	全体総括	30

第1章 研究開発の概要

1.1. 研究開発の背景・研究目的及び目標

- 組込みソフトウェアに係る技術において達成しようとする高度化目標
- 産業用機械及びロボットに関する事項

川下製造事業者等の抱える課題及びニーズ

- ア、信頼性・安全性の確保(機能安全確保を含む)
- イ、高品質・短納期・低コスト
- ウ、作業者の労働環境に配慮した生産システム

世界的にみても繊維・織物製造業において、製品製造工程にはマシン高速化、電子化により短納期にも対応できるシステムの導入が進み、即納多品種少ロットにも対応できる状況に進歩を遂げているが、一方でその製品の検査体制はほぼ全てが人手による目視検査に頼る状況にある。そのため多くの工数を検査体制に割り当てる必要があり、結果として検査工程が障害となり、総合的合理化、コスト削減が進まないのが実情である。

- 上記を踏まえた高度化目標
- ア、信頼性の向上(機能安全確保を含む)
- イ、高性能化及び機能の向上

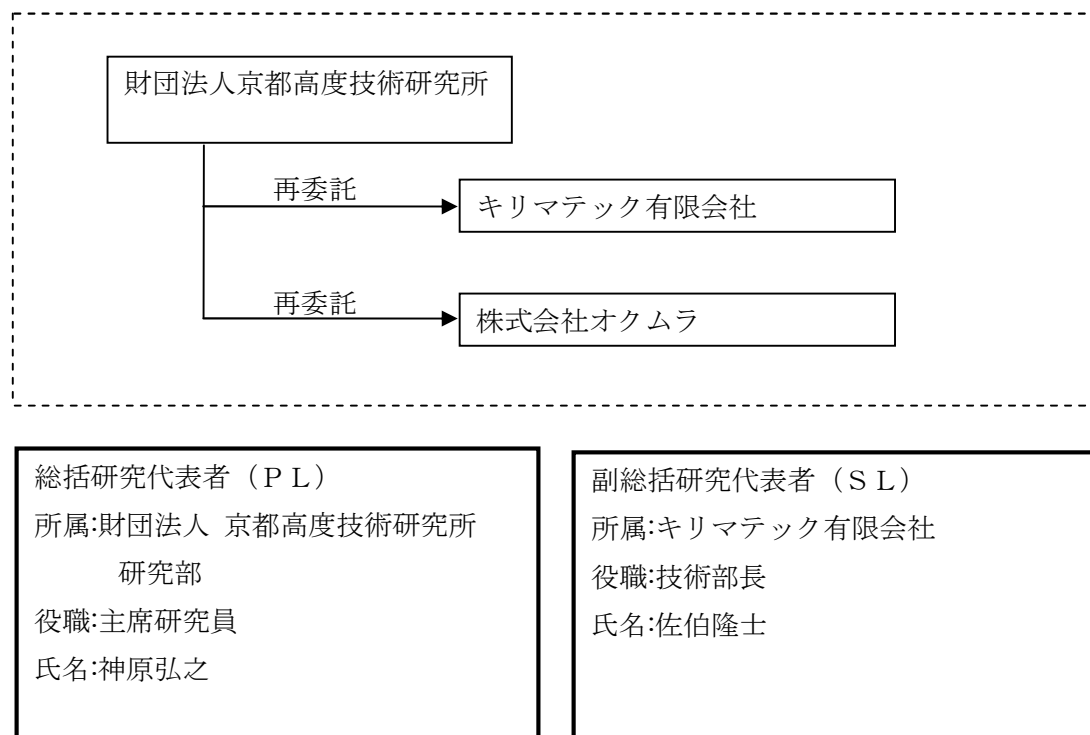
外観検査の自動化において、最終的に要求されることは目視検査からの脱却であり、目視と自動化を併用することは本来の最終目標ではないが、そこに到達出来るまでにはハード、ソフト両面の進歩も含めて今後 5 年先の目標値である。最初の目標値として、細巾織物の寸法計測を多種多様な条件下で実現させることを目標とする。

昨今構築されつつあるマシンビジョン技術を最大限に利用し、寸法計測や糸切れ箇所
の検出、油汚れの検出のための画像処理アルゴリズムを構成する。その上で繊維・織物製品を画像データに変換した場合に不規則な情報となる対象物(不連続且つ規則性の無い歪みのある画像データ)を適性状態に補正する画像処理アルゴリズムを開発することで、汎用の画像処理ソフトウェア・アルゴリズムでは対応しきれない部分を補う。上記画像処理を最適に行うことが出来る画像データ取込み装置についても、撮影方法の改善、照明方法の研究開発、自動送り機構の精度アップなど更に研究開発をおこない、繊維・織物用外観検査の自動化装置を開発する。

1.2. 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

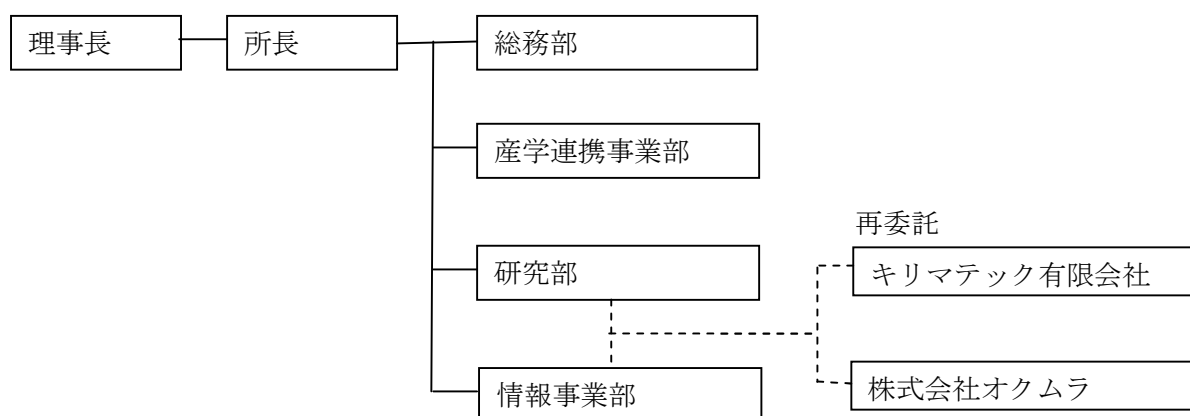
1) 研究組織(全体)



2) 管理体制

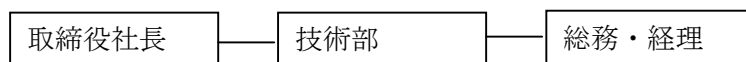
①事業管理者

[財団法人 京都高度技術研究所]

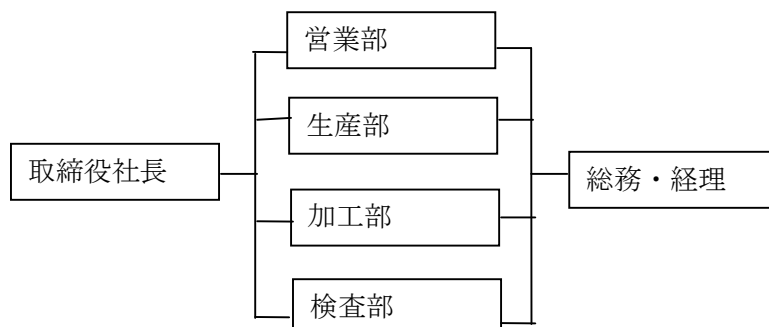


②(再委託先)

キリマテック有限会社



株式会社オクムラ



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人京都高度技術研究所

①管理員

氏 名	所属・役職
神原 弘之	研究部主席研究員
岡田 正浩	情報事業部主任

②研究員

氏 名	所属・役職
神原 弘之	研究部主席研究員
岡田 正浩	情報事業部主任
横田 吏司	情報事業部主任
金 秀一	情報事業部主任
澤田 砂織	情報事業部担当

【再委託先】

キリマテック有限会社

氏 名	所属・役職
佐伯 隆士	技術部長
吉村 斉	技術部

株式会社オクムラ

氏 名	所属・役職
大田 美和子	検査部主任
橋野 清美	生産部
竹内 敦司	生産部生産管理担当

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

財団法人京都高度技術研究所

(経理担当者) 研究部 森井 晶子

(業務管理者) 研究部マネージャー 三好 則夫

(再委託先)

キリマテック有限会社

(経理担当者) 総務・経理 下村 由美枝

(業務管理者) 代表取締役 福田 吉恭

株式会社オクムラ

(経理担当者) 取締役 奥村 和美

(業務管理者) 代表取締役 奥村 雅孝

1.3. 成果概要

本研究開発において、繊維・織物製品、特に織ネーム¹の自動検査装置を開発するため、いくつかの技術的課題を解決することが出来た。

まず、画像として読み込む際の輝度ムラを低減することが出来た。輝度ムラのない画像を取り込むこと、すなわち同じ色は同じ輝度として認識されることは、その後のソフトウェアで処理する際に、非常に重要な要素である。

次に、取り込んだ画像を高い精度で補正することが出来るようになった。これは、検査対象の織ネーム画像と良品画像とを比較する工程を高精度で行うためには大変重要である。

また、汎用の画像処理ライブラリである HALCON を使うことにより、織ネーム画像の高い精度での寸法計測、いくつかの不良を発見する手法を開発することが出来た。

本研究開発で開発した自動検査装置は、織ネームを順次送りながらラインセンサーで画像を取得するという構成であるが、この生地を送る精度を高め、蛇行などが起こらないような装置を開発することが出来た。

検査装置が広く普及していくためには、装置の操作性にも留意する必要がある。本研究開発では、タッチパネルモニタから操作できる誰でも短時間の研修で操作可能な操作画面を開発することができた。

¹糸を織り上げて作成した（織物による）タグで、衣料品やタオルなどに縫い付けられているブランド名やサイズを表したものの。

織ネームは、非常に多くの種類が存在するため、検査装置としては出来る限り多くの種類に対応していることが求められる。本研究開発では、多くの種類の生地を用意し、それらに対する対応可能性について検証することが出来た。

本研究開発によって、多くの技術課題を克服することが出来たが、製品化という観点からは、例えば、不良とする織ネームに対して、どのように生地に印を付け裁断等のその後の工程に伝えられるかといった部分が未検討事項として残っている。これらの課題を解決し、製品化を行うことが今後求められる。

1.4. 当該研究開発の連絡窓口

所属:財団法人 京都高度技術研究所 情報事業部

氏名:岡田正浩

電話番号: 075-315-6732

FAX: 075-325-3024

E-mail: masahi-o@astem.or.jp

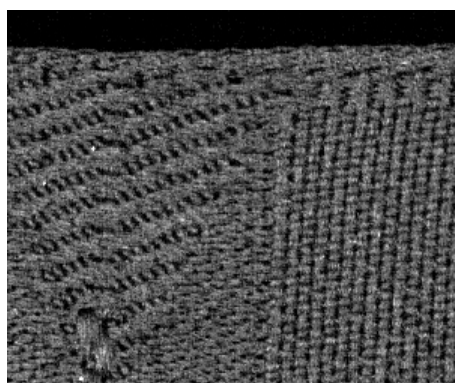
第2章 本論

2.1. 輝度分布が一定で安定した織物画像データの取得

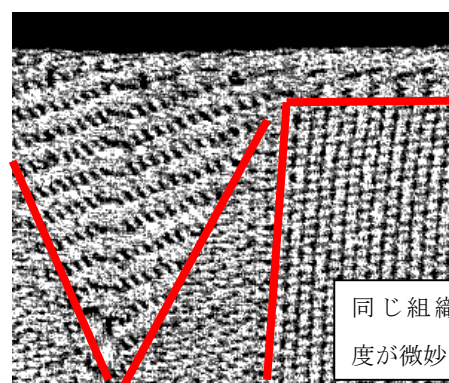
画像処理検査の基本は画像データの2値化であり、モノクロ画像の場合は一般的に256階調のグレースケール値に対して閾値をどこに設定するかで白黒の二色の画像に変換する。その中から得られる画像情報に対してパターンマッチング等の画像処理アルゴリズムを実行させ、特徴点となる差異を検出させる。この処理をおこなう上での理想的な画像データとは、色・柄・形状などの特徴が同じ条件の部分では同じ値の画像データとなっていることである。それには生地の状態を安定させて画像データとして取り込む装置が不可欠になる。また織物生地の状態を画像データ化する場合には、多くはラインセンサーカメラが使用される場合が多い。途切れず同じ条件での画像データ化に有利であることが理由である。今回の研究開発に於いてもラインセンサーカメラを使用して画像取込をおこなう。

繊維・織物の光の反射具合

織物生地の場合には織物という経糸と緯糸との交錯による立体構造物のため、厚みの差や柔軟性、伸び縮みの影響、糸の太さ・材質の違いなど一定の条件を保ってカメラによる画像データ取込を実行するには難易度が高い素材である。特に今回のような先染織物の場合には素材バリエーションの範囲が無限に広く、多種多様な条件が想定される。マクロ的には糸の光の反射が異方性を持つために決まった一定の反射率でカメラ側に光が返らない。そのため仮想モデル画像を構築することも困難な素材である。



図表 2-1



図表 2-2

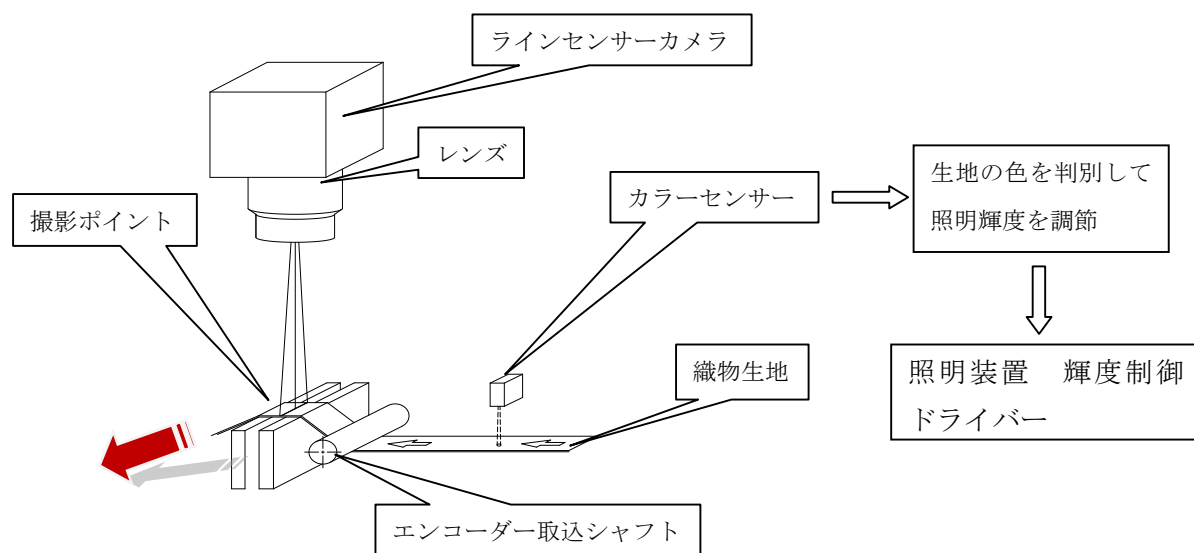
図表 2-1 は黒色生地の画像を明るくしたもの、図表 2-2 はその画像データを4階調に処理したものである。

生地と同じ組織の中でも暗い部分と明るい部分が分布している。

画像処理を実行させる上での理想画像データ

画像処理検査を実行するための参照データは、画像データの中の一つの点の明暗の度合いを比較する作業であり、その値は通常256階調で表現されている。データを検証する際にはその256階調の中で差がある場合には瀬差でなく大きく違う方が検証は、確実で容易になる。

従って真っ黒の生地、又は真っ白の生地のどちらの場合でも、検査用画像データとしては黒～白までの 256 階調レンジを出来る限り広く持った状態を取り込まれる方が検証しやすいデータとなる。これを実現しようとするとき、生地の色などの条件によって照明方法・照明輝度の調整を行わなければならない。そのため今回は生地の色を判別して照明輝度を調節する機能を持たせることとした。



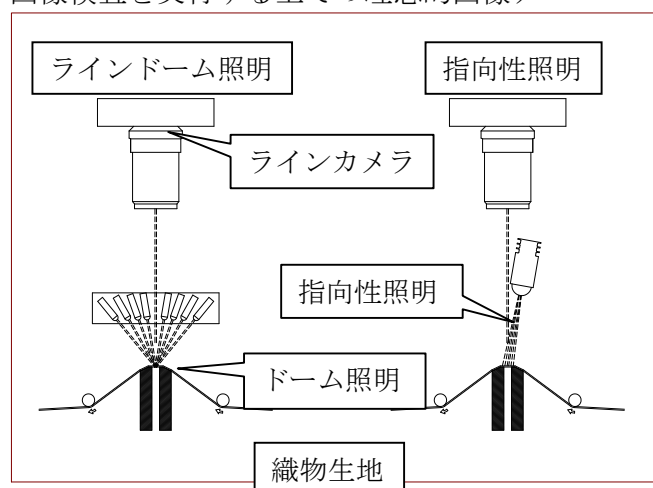
図表 2-3

撮影条件として重要な照明装置

光の安定性、取り扱いの容易さ、輝度調節の確実性などの点から LED 照明装置を採用し、その中でも幾つかの特性を持った照明方法を用いて、画像処理検査をする上で、できる限り理想的な画像データが取得できる方法の検証をおこなった。

これは目視での綺麗さを追求するのではなく、画像検査を実行する上での理想的画像データを追求することを目的とする。

- ① 白色 LED ラインドーム照明
- ② 赤外 LED ラインドーム照明
- ③ 白 LED 赤外 LED 混合ラインドーム照明
- ④ 白色 LED 指向性照明
- ⑤ 白色 LED 拡散ライン照明
- ⑥ 赤色レーザー均一ライン照明
- ⑦ 青色レーザー均一ライン照明
- ⑧ 赤外レーザー均一ライン照明



図表 2-4

赤外光照明装置は、通常の白色 LED 照明では判り辛い、黒色染色された織物生地の詳細画像を取り込むために使用した。

またレーザー輝度均一ライン照明については最も指向性の高い照明光として繊維表面の不

連続形状の画像取込照明装置として使用した場合の有効性について検証することを目的として、またそれ以外に意図する特定部位にのみ光を当てて輝度を上げることを試みた。

照明装置の長さについては織物生地最大の巾 100mm を想定して両端・中央において照明の輝度分布に不均衡が発生しないように 200mm 以上の長さのライン照明装置を使用した。

輝度分布の安定化に寄与する機械的要素

織物生地を安定した画像データ化する上で、前提条件として対象物となる織物生地そのものがカメラとの距離・角度等の条件を一定位置に安定させて存在する必要がある。しわ・弛みを生じているとカメラに対する反射面の角度・距離が安定せず、輝度分布の不安定な画像となってしまう。そのため、対策として生地自体に常時テンションを掛けて張った状態で画像取込するように装置を設計している。

その他配慮すべき項目として輝度分布が一定にならない場合の幾つかの原因として考えられることに以下のようなものがある。

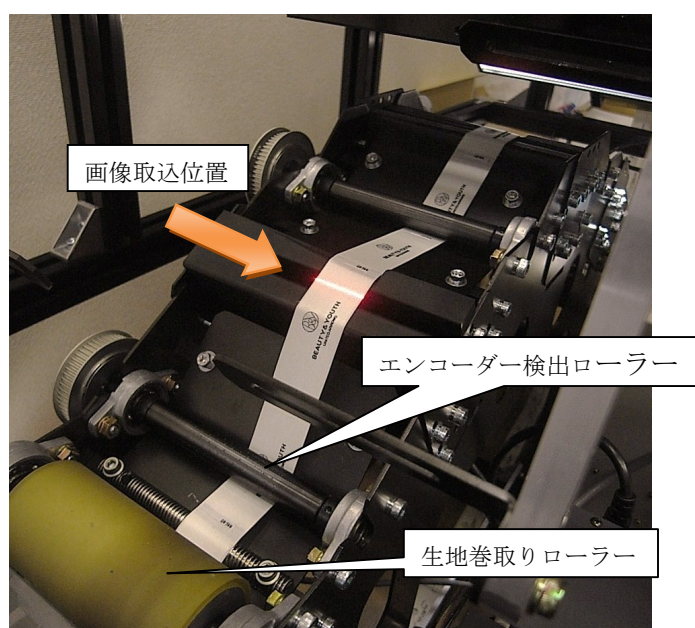
- ロータリーエンコーダー位置情報パルスに起因する場合
- 織物生地送りムラに起因する場合
- カメラ・照明のセッティングに起因する場合
- カメラ本体・レンズ本体に起因する場合

これらの条件を整えた装置を構築して画像データ取込の精度向上を図る。

実際に製作した検反装置の画像取込部のうち図表 2-5 はラインカメラ画像取込位置の部分である。矢印の溝部分の中央で画像を取り込む、図ではレーザー照明を該当部分に照射している織物生地送りに常時テンションを加えているため、画像取込位置での状態安定化とエンコーダー検出ローラーの回転安定化を実現している。

この装置を用いて織物生地を画像データ化したものを、数か所のポイントに分けて輝度分布の状態を確認した。1 画素毎に比較することは不可能なので、100×100 画素の範囲の画素平均値を計測し、その値を比較することとした。

暗く濃い紫色の織ネーム生地の輝度値分布を任意点で計測した結果の一覧を示す。



図表 2-5

	左上	左中	左下	中央上	中央	中央下	右上	右中	右下
輝度平均	19.23	18.87	18.42	18.83	18.77	18.36	18.64	18.68	18.26
標準偏差	13.91	13.86	13.03	13.77	13.36	12.79	13.69	13.81	12.83
中間値	17	16	16	16	16	16	16	16	16

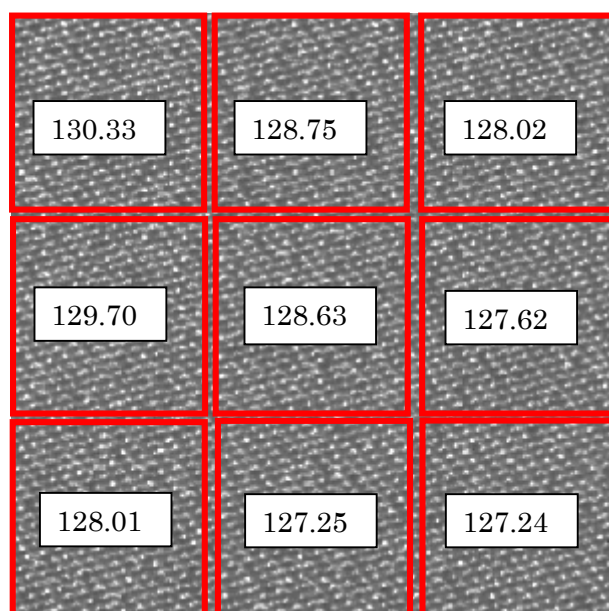
輝度平均は 256 階調でのエリア数値平均値、輝度が安定した画像取込が実現できている。

次に白色ベースの織ネーム生地で同様に輝度値分布を計測した結果の一覧を示す。

	左上	左中	左下	中央上	中央	中央下	右上	右中	右下
輝度平均	125.71	122.32	123.74	123.65	122.39	121.28	123.08	122.82	123.02
標準偏差	43.93	39.74	40.99	41.2	40.04	39.27	39.63	39.74	39.69
中間値	113	113	112	113	113	110	113	113	112

暗い生地と比較すると諧調レンジが広がるためか、平均値の範囲も少し広がっているが、ほぼ計画許容範囲に収まるレベルで安定した画像データの取得が可能になっている。

図表 2-6 は、取り込んだ画像データ織物生地的一部分を切り取って 3×3 に分割して計測



図表 2-6

した例を示している。この織物生地の場合、表は白経ポリエステル朱子織であり、ベージュのフルバックが入っている構造でその部分が薄らと明るく写っている状態である。

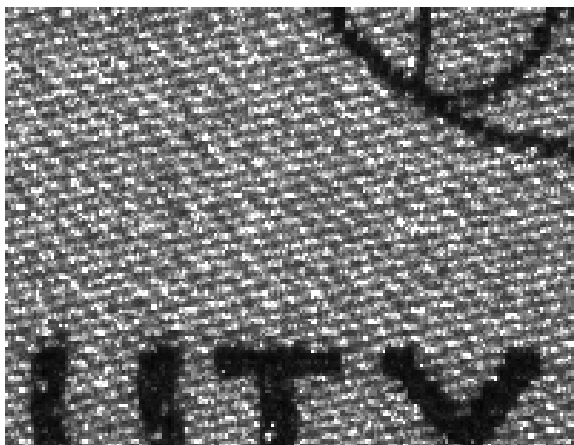
300×300 画素を切り取り 100×100 画素でそれぞれの輝度値平均の値を表示させている。写真で見る限りでは大きな差を感じなくても画像データとしては、この範囲内でも 3 近い輝度値の差が生じている。3 / 256 諧調の差なので 1%程度ではあるが、画像処理検査を実行する場合にこの差は極力少ない方が望ましい。

画像処理検反の目的での画像データ取込を行う場合には 輝度分布が安定している

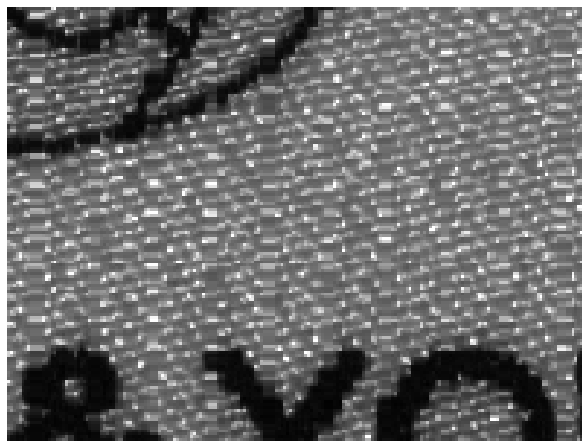
だけでは 画像処理検査のための画像データとはならない。

輝度均一レーザー光照明を使用した場合

レーザー光線をライン状に照射するモジュールを用いての画像取込を検証してみた。レーザー光は指向特性が鋭い単一光であり、通常の可視光よりも乱反射の少ない照明装置に用いられる。一方で、レーザー光は取り扱いが難しく、ラインカメラ用照明として使用するには神経質な調整を要求された。これを実際に使用するには、更に強固なフレームと振動対策を必要とする。またカメラ画像取得位置とレーザー照明位置が正確に一致している必要がありその精度を 0.1mm 程度にする必要があるため、かすかな微振動や調整不足で精度の低い画像となる。

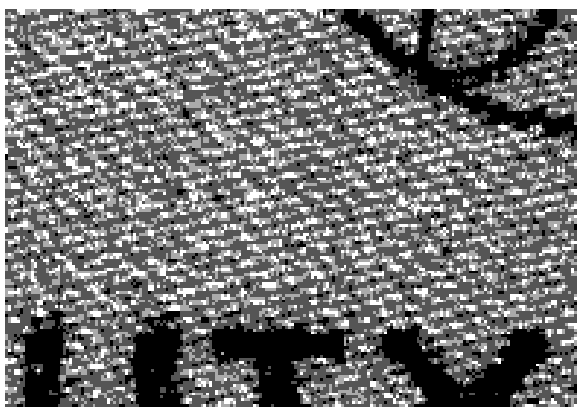


図表 2-7

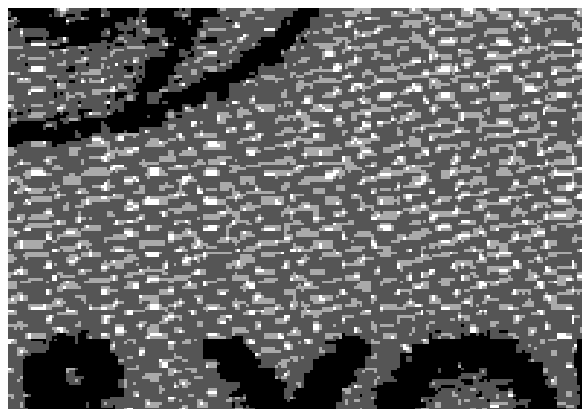


図表 2-8

図表 2-7 は赤外レーザーをレンズ光軸に近い位置から照射し、生地横から赤色レーザーを照射して画像取込したもの、図表 2-8 は白色 LED 照明によるものである。



図表 2-9



図表 2-10

図表 2-9 図表 2-10 はそれぞれの画像データを 4 階調化して輝度分布データをまとめたものである。二つの画像データを比較すると、レーザー照明画像データが織物生地の立体構造をより詳細にトレースしているように見えるが、画像自体のシャープさに欠けている。白色 LED 照明の場合、織物生地の詳細を捉えるにはあと少し調整が必要な状態である。

特徴的な画像取込の手段として、レーザーは有効な手段ではあるが、レーザーのもつスペckルノイズの影響でどうしても細部がザラついたようになってしまい、また最初に述べた微調整の問題もあって理想的な画像データ取得には まだ少し研究開発が必要であると思われる。

今回の検出巾の限られた織物生地の場合には費用対高価の面でもレーザー照明装置が LED 照明装置と比較して高価なものではないが、画像検反・検査項目のレベルをどこに設定するかという点も踏まえて構築していく必要がある。

当初の計画からは、予定通りの織物画像データを取得できる状態を達成できたが、実際には織物生地の種類・条件が無限大に存在しているため 更に追求すべき課題は尽きないのが現状である。

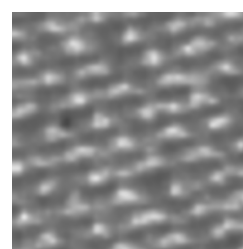
2.2. 不安定に歪んだ織物画像の整列補正アルゴリズム

2.3 で述べる HALCON の検査に対して、正常な織ネーム画像一枚と、検査対象の織ネーム画像一枚が、正確に位置合わせできている必要がある。しかし、織物は一枚毎に不安定に歪んでおり、またその歪みも織ネーム一枚毎に異なっている。そのため、取得された画像そのままでは、HALCON の画像検査に使うと精度の高い検査が行えない。

そこで、取得された織ネーム画像を何らかの方法で補正を行い、補正後の画像を使って HALCON の画像検査を行うことを考える。ここでは、その画像補正方法について述べる。

2.2.1. 正規化相互相関による整列アルゴリズム

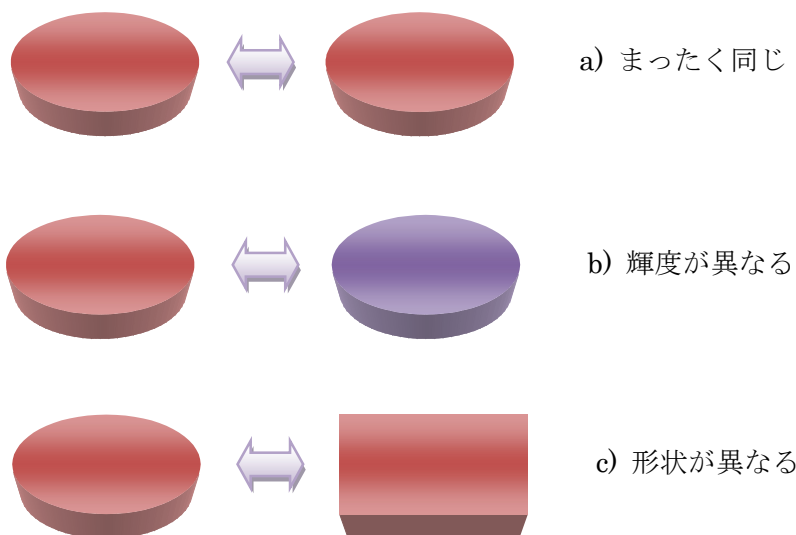
織ネームでは、文字やデザイン部分以外の生地地の部分が一般には面積的に多くを占めている。この部分を解像度の高いカメラで撮影すると、図表 2-11 のように縫い目のパターンが規則的に並んでいる様子がわかる。この規則的な縫い目のパターンを正規化相互相関 (NCC: normalized cross correlation) により抽出し、位置を特定することは可能である。



図表 2-11 織ネーム拡大画像

NCC は、関数の間の相関値と呼ばれる値を計算することで、似た形の関数は値が高く、相違な形の関数間では値が低くなることで、関数間の類似度を測る手法である。NCC を画像処理に使用すると、ある形のものが画像中のどこにあるかということを見つけることができる。ここで、例えば差画像を取るような方法で、類似形状を画像内から見つけることも可能であるが、NCC では、ある程度輝度値にむらがあったとしても相関値にはあまり影響しない。

図表 2-12 の a) では、同一形状、同一輝度を持つもので、この場合は NCC、差画像共に類似形状として認識される。また、c) のように形状が異なる場合には、NCC、差画像どちらも異なる形状として認識される。しかし、b) のように形状が同一でも輝度値が異なると差画像では類似形状とは認識されないが、NCC であれば類似形状として認識される。



図表 2-12 NCC

織ネームの画像を取得する際、すべての個所で輝度値のむらがなく画像が得られるのであれば差画像を使った手法でも画像中から、特定の形状を見つけることができるが、輝度値のむらがある場合には、差画像ではうまくいかない。そのため、NCC を使って、形状を抽出する。

図表 2-13 縫い目を繋げる

図表 2-13 縫い目を繋げる

1. 織ネーム画像の中から良品画像を手で選ぶ。
2. 補正を行う検査画像を選ぶ。
3. 良品画像を 80×80 ピクセルの正方形の区画に分割し、その区画ごとに検査画像の同一位置を中心として上下左右に ± 5 ピクセルの範囲でもっとも差画像の輝度値の合計が小さい区画を選ぶ。これをすべての区画で行う。
4. 3.の区画を 40×40 ピクセルの正方形に四分割し、それぞれの区画で 3.で得られた区画の位置を中心として ± 2 ピクセルの範囲でもっとも差画像の輝度値の合計が小さい区画を選ぶ。これをすべての区画で行う。
5. 4.の区画を 20×20 ピクセルの正方形に四分割し、それぞれの区画で 4.で得られた区画の位置を中心として ± 1 ピクセルの範囲でもっとも差画像の輝度値の合計が小さい区画を選ぶ。これをすべての区画で行う。
6. 同様に 5.の区画を 10×10 ピクセルの正方形に四分割し位置あわせを行う。

2.2.3. まとめ

- NCC を使った画像補正アルゴリズム
- 画像を小区画に分割し良品画像に近づけるアルゴリズム

また、NCC による補正アルゴリズムは、数値目標である、経糸、緯糸の歪みが ± 2 ピクセル

ルに収まっていることを確認した。

課題としては、どちらがより補正アルゴリズムとして適しているか、また生地によって適しているアルゴリズムが異なるのかどうかなどの検証が必要となる。また、どちらのアルゴリズムも計算時間がかかるためその高速化を行う必要がある。

2.3. HALCON を用いた画像処理プログラムの構築

HALCON は、ドイツ MVTec Software GmbH 社が開発した、外観検査等に広く使用される画像処理関数を多く揃えた画像処理ライブラリであり、国内でも多くの製品に組み込まれている。

本研究開発において、HALCON を使い検査を行うアルゴリズムを構築した。

2.3.1. 経糸方向寸法計測

織ネームの長さ(経糸方向寸法)は、切り線と言われる一枚一枚に裁断する際に使われる線の間の距離である。

長さは、織ネーム毎に正しい長さがあり、この長さに対して、一定以上ずれる場合は不良品となる。

織ネームを撮影した画像からこの長さを測定するためには、

- ✓ 切り線間のピクセル数を計測
- ✓ ピクセルあたりの実際の長さを計測

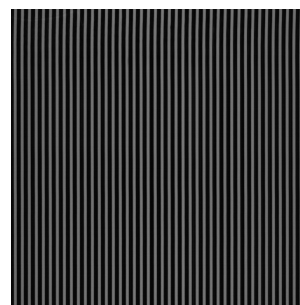
という手順で可能である。

まず、切り線間のピクセル数の計測であるが、これは、以下のような手順で行う。

1. 画像から、人手により切り線の部分を登録する。
2. 画像から、登録された切り線のパターンと似通った部分を取り出す。
3. 2.で取り出された箇所間のピクセル数を計測する。

このうち、2.の部分では HALCON の NCC を使って行った。

また、ピクセルあたりの実際の長さの計測については、スケールと呼ばれる図表 2-14 のように 1mm 間隔で黒と白の色



が線状に繰り返されるものを織ネームと同じように取り込み、図表 2-14 スケール画像

1 ピクセルと 1mm との関係を画像から得ることにより可能である。

2.3.2. 緯糸方向寸法計測、巾方向寸法不揃い、巾方向寸法蛇行

織ネームの幅(緯糸方向寸法)は、生地の上端と下端の距離である。

巾は、長さ同様に織ネーム毎に正しい幅があり、この巾に対して一定以上ずれる場合は、不良品となる。

織ネームを撮影した画像から幅を測定するためには、生地の上端から下端までのピクセル数を計測することにより可能である。ピクセル数と実際の長さとの関係は、経糸方向寸法計測と同様に、スケール画像を取り込むことにより可能である。

生地の上端より上、あるいは下端より下の部分の画素の輝度は 0 に近い値であり、逆に生地部分の輝度は大きい値を取る。輝度 10 以上が生地、それ以下を生地でない部分とすることにより、画像から生地部分を分離することができた。これにより、生地の上端から下端までのピクセル数がわかり、織ネームの幅を測定する。

織ネーム一枚の幅は、一枚の織ネーム画像の左端から右端までピクセル単位で巾を計測し、

その平均により計測する。

巾方向寸法不揃いとは幅が一定しておらず、最小の巾の部分と最大の巾の部分との差が大きいものである。これは、この差が一定以上となると不良品となる。

巾方向寸法不揃いは、緯糸方向寸法計測によって左端から、右端までの巾がピクセル単位で計測されるが、その巾のうち、最小のものと最大のものの差が大きいものを不良として検出した。

巾方向寸法蛇行とは、生地自体が巾方向に蛇行している状態であり、一定程度以上の蛇行があった場合には、不良品となる。

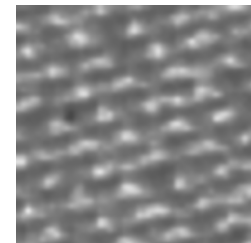
巾方向寸法蛇行の検出は、緯糸方向寸法計測で行った、生地の上端、下端の検出の後、上端の位置の最小位置と最大位置を検出し、その水平に対してなす角度として計測した。そのなす角が一定以上の場合には、不良品として検出するようにした。また、下端についても同様のことを行った。

2.3.3. バリエーションモデル

HALCON には、バリエーションモデルという外観検査用の仕組みが用意されている。バリエーションモデルでは、いくつかの良品画像を登録し、良品画像中の同じ位置の画素の輝度値から平均を取る。さらに平均からの許容される幅を指定して、検査対象画像を検査する。検査対象画像の一つ一つの画素が、良品画像の平均輝度から許容される幅にあるかどうかを検査し、その中に入っていない画素を不具合個所として検出する。

織ネームの画像一枚一枚が完全に位置合わせが行われており、個々の織ネーム画像の同じ個所が画像中の同じ位置に来ているとした場合には、このバリエーションモデルで検出された不具合個所は、なんらかの不良が起きていると考えられる。

しかし、織ネームの画像は、拡大すると図表 2-15 のようになっている。これは、糸が上下することによる細かい間隔での輝度値の変化が起きていることを示している。この輝度値の変化の周期は非常に小さく画像上で 3~6 ピクセル程度である。織ネームの生地は、簡単に伸縮、歪みが生じるためこの周期のレベルで複数の織ネームの間で正確に位置が一致することはない。そのため、単純にバリエーションモデルを行うと、良品であっても全体的に不良個所が現れることとなる。



図表 2-15 織ネーム拡大画像

そこで、画像の平滑化を行うことで、この短い周期での輝度値の変化をならしてしまふことを行った。

具体的には、ある画素の輝度値をその画素の周辺画素(例えば 11×11 画素)の輝度値の平均で置き換えるというものである。



図表 2-16 平滑化後の画像

図表 2-16 は図表 2-15 を平滑化した画像である。図表 2-15 に比べて輝度値がならされていることが分かる。

平滑化により位置合わせを厳密に行う必要がなくなるかわりに図表 2-15 の画像では確認できる細かいレベルでの糸の縫われ方を検出することができなくなる。したがって、大きい範囲に渡る不良や、画像から糸と明らかに異なる輝度値を持つような不良個所は見つけられ

るが、糸の縫われ方の不良を検出するためには、バリエーションモデルは使うことができない。

以下の不良に対して、バリエーションモデルを使い検出ができるかどうかを行った。

A) 経糸切れ

経糸切れとは、経糸が切れる不良で、織ネームの横方向に一直線に不良が現れる。経糸切れは、平滑化を行うため、バリエーションモデルでの検出は困難である。

B) 緯糸切れ

緯糸切れとは、緯糸が切れる不良で、織ネームの縦方向に一直線に不良が現れる。緯糸切れも経糸切れと同様に、バリエーションモデルでの検出は難しい。

C) 糸浮き、糸沈み

糸浮きとは経糸が間違った位置で緯糸に対して裏側に出てしまう不良で、糸沈みとは、逆に経糸が間違った位置で緯糸に対して表側に出てしまう不良である。ある。織ネームは、生地を裏表逆にして織られるため、裏側に出ることを「浮き」、表側に出ることを「沈み」と表現する。

糸浮き、糸沈みは、非常に狭い範囲(糸一本の縫い目、数個程度)で起きるため人手による検査でも発見が難しく、取得された画像からもその不良を見つけることは非常に困難である。

糸浮き、糸沈みに関してもバリエーションモデルでの検出は難しい。

D) 柄糸抜け

柄糸抜けは、柄の部分の糸が抜ける不良である。

この不良に関しては、バリエーションモデルで対応でき、検出できた。

E) 油汚れ、シミ汚れ

油汚れ、シミ汚れは、織機に使用する油や汚れが、生地が付着することにより起こる不良である。

油汚れ、シミ汚れに関しては、バリエーションモデルで対応可能であった。

F) 糸フケ

糸フケは、柄糸部分の糸がたるんだ状態になる不良である。

糸フケに関しても、バリエーションモデルで対応可能であった。

G) 糸毛羽

糸毛羽は、柄糸から細かい繊維が出る場合や、生地の上端、あるいは下端から繊維がはみ出すようになる不良である。

糸毛羽に関して、どちらの種類の不良に関してもバリエーションモデルで検出することができた。

H) 指定色間違い

指定色間違いは、本来とは異なる色の糸で織られた箇所がある不良である。指定色間違いに関しては、カラーカメラを使い、バリエーションモデルを使うことにより、不良箇所として認識することができた。

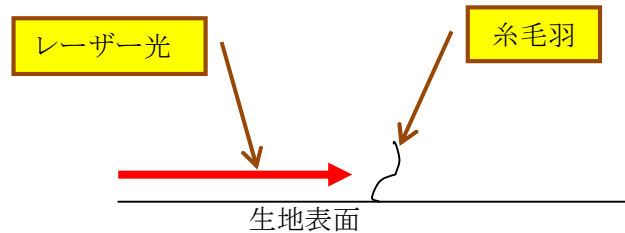
2.3.4. レーザーによる糸毛羽の認識

糸毛羽に関しては、生地からはみ出すようなものや、異なる色の糸の部分にはみ出しているような場合は、バリエーションモデルで検出可能である。しかし、同色の糸の部分に糸毛羽が起きている場合にはバリエーションモデルでの認識は難しいものとなる。

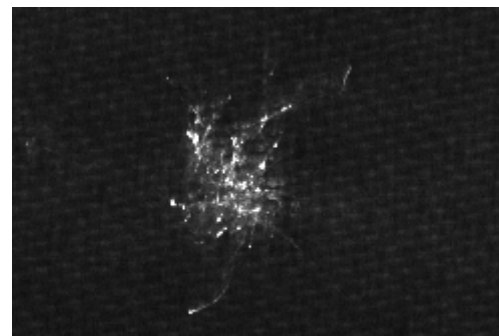
そこで、糸毛羽は、生地から浮き上がって発生することから、生地の表面付近に生地に平行にレーザーを照射することで、毛羽を光らせて認識することを行った。

図表 2-17 に糸毛羽に対してレーザー照射の様子を示す。

このようにレーザーを照射すると図表 2-18 のように糸毛羽が光った状態の画像を得ることができる。これにより糸毛羽の部分が低い輝度値として得られ、輝度値に対して閾値を設定して取り出すことにより、糸毛羽部分を識別することができた。



図表 2-17 糸毛羽に対するレーザー照射



図表 2-18 糸毛羽が光っている様子

2.3.5. 縫い目の検出数による経糸切れ、緯糸切れの認識

織物は、図表 2-15 のように、縫い目が規則正しく並んだ状態になっている。しかし、経糸切れ、緯糸切れを起している個所についてはこの縫い目が見られない。この性質を利用し、NCC モデルで縫い目を検出し、その検出数が少ない個所を経糸切れや緯糸切れとして抽出することを行った。

経糸切れや緯糸切れは、直線的に不良が現れる。例えば経糸切れの場合には、縦方向に細長い領域を設定し、その中で NCC モデルを使い、縫い目を検出し、その数を計測する。その数と、同一位置での良品画像で得られた縫い目の数を比較し、大幅に縫い目の検出数が少ない部分に経糸切れが起きていると判断した。緯糸切れも同様に、横方向に細長い領域を設定し、良品画像との縫い目の検出数を比較することで緯糸切れが起きていると判断するようにした。

この方法により、経糸切れ、緯糸切れどちらについても検出が可能であることが分かった。

2.3.6. まとめ

いくつかの検査法を併用することにより糸浮き、糸沈みを除いて、不良を検出することができた。

糸浮きや糸沈みに関しては、その性質により画像から認識することが非常に困難であり、この不良を検出するためには、画像取得部分からの改良を考える必要がある。

2.4. 長尺織物生地を安定して自動送り、カメラ撮影するための機構

対象物の特性 繊維・織物

目視検査の自動化が現実の生産工程に組み入れられている分野は、生産物の形状・状態の安定している、IC 電子部品や食品パッケージ、薬品パッケージなどである。これらの金型由来による生産物は、その寸法の想定と結果が寸分狂わないことが前提となっている。

これらの場合、形状・状態の由来は金型にベースがあるため、基本的には大きく形状が変化することは無い場合が大半である。

一方で、繊維製品の目視検査の自動化は、一部で無地織物の検査などが実現している報告は存在しているが、こと先染織物に関してとなると全く実現していないのが現状である。これは、先染織物の繊維・織物としての特性に、多種多様な糸を複雑に交錯させて作り出す構造であることによる、生地厚みや密度の変化、糸に掛

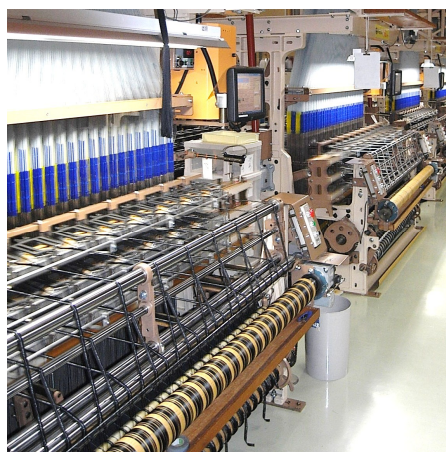


図表 2-19

生地厚み・織組織が全く違うものの組み合わせで、このような特殊な例もある。

先染織物である織ネーム生地は、生地自体の形状が柄の変化や織組織の変化によって波打つように変化し、これが表面にも巾・長さ方向にも表れる。

ベースとなる無地織物生地の上に単純に柄を配置した状態で製織してしまうと、糸引き・張力の問題で全く織物生地にならない場合が多々ある。これを防止するため、織物生地としての安定性と質感向上のため、複雑な織物組織の追加処理を施したりする。これにより織物



図表 2-20

る張力の変化などが入り組んでいるためである。単純に生地を広げてカメラで撮影する程度では、画像検査を施すことができるデータとはならない。素材そのものの形状変化が一定不変とならない点で、画像検査化するための障害が発生してしまうものになる。

図表 2-19 は極端な例の織物生地の写真であり、オーガンジーと朱子織が組み合わせて織られている。使用糸・

生地表面の表情はマクロ的には複雑な状態になることがある。

このあたりのデザイン面・織物生地としての条件が生地表面の波打ち状態や巾の不揃い状態へと繋がっているためこれらの問題点を克服した織物生地画像データの取得ができるように装置を開発する必要がある。

基本的に織物を製織するときには糸に張力を加えた状態であり、機械から出力されたときには糸への張力は解放されているため、一層の形状変化が顕著に表れることとなる。織機上にある製織中の状態であれば、物理的な形状安定性は織機という機械の要素によって保たれてい

る。

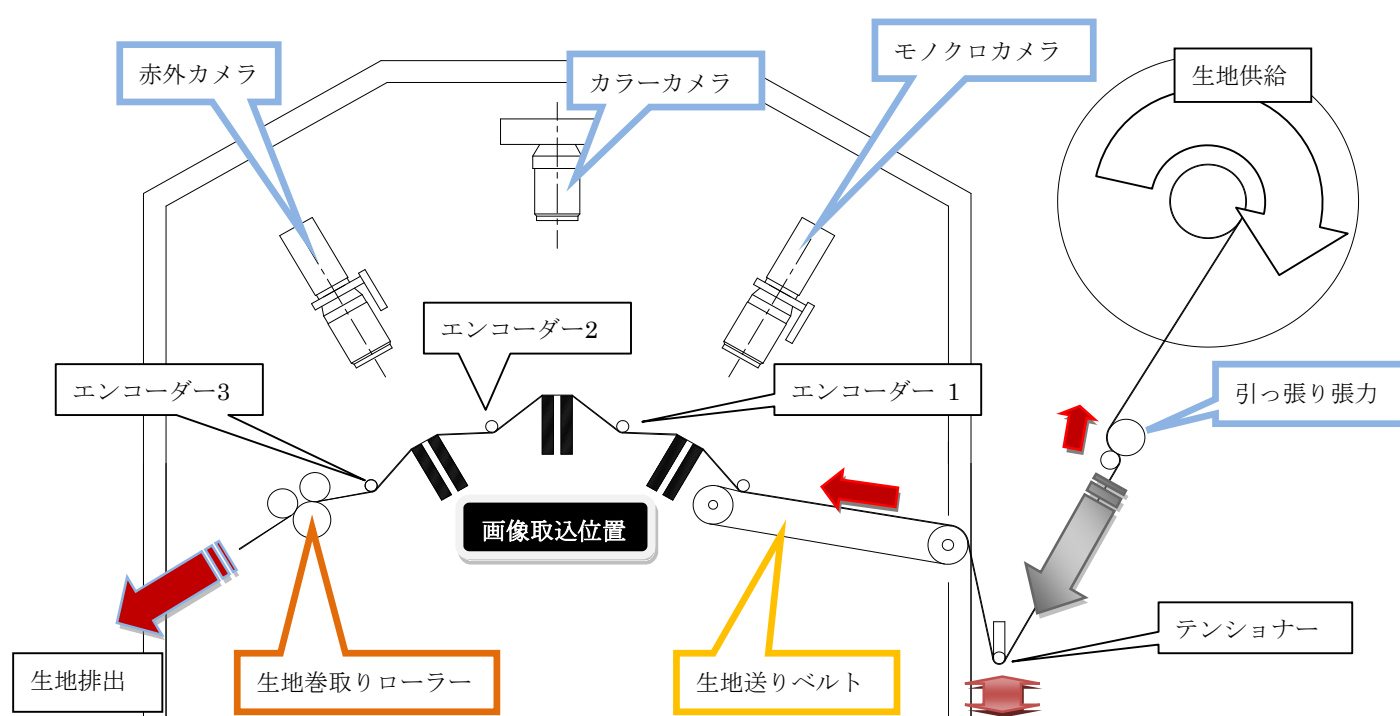
その状態で画像データ化するのが 形状という安定性から考えた場合には一番理想的であ

るが、実際には 機械的振動、製織スピードの遅さ、検査箇所の膨大さにより非現実的であり、簡単に実現できる問題ではない。

図表 2-20 は一台の織機から多数の織ネーム生地が織り出されている様子を示している。

織物生地の画像データ取得は、スタンドアロンで構築する必要があるが、その場合に一旦、織機から降ろされるため、織物生地は一度張力を抜かれた状態になるので、元通りの張力状態に戻すことは不可能である。また織機での製織中は、櫛状の金属で箆が存在しており、これが織物生地の位置精度を保つ唯一の存在であるが、製織後はこれが無い状態となるので基準位置を固定化するにも柔軟性があるため精度を上げることは難しい。

装置の構成 ・ 張力機構



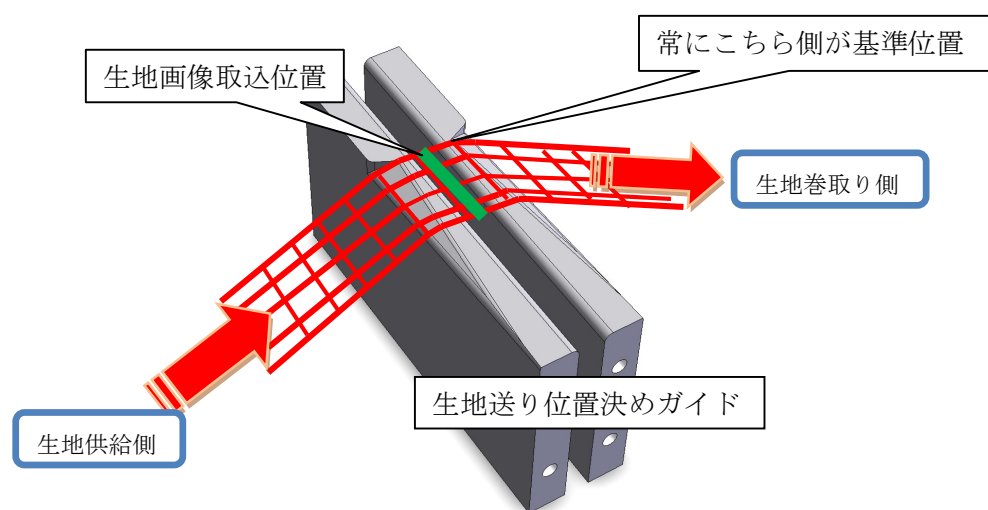
図表 2-21

図表 2-21 に示すように、検査装置における織物生地の流れは、以下のようになる。

1. ロール状に巻かれた織物生地を生地供給側から消極送り出しで排出させる
2. トルクモーターで 生地に引っぱり側の張力を加える
3. テンショナーで微細な張力むらを吸収する
4. 生地送りベルト上に織物生地を載せて送り方向に駆動を加える
5. 織物生地が 引っぱり張力が加えられた状態で画像取込位置を通過する
6. 通過直後にエンコーダー用ローラーを回転させる
7. 生地巻取りローラーに巻き取られて排出される

今回、3 台のラインセンサーカメラを使用して、織物生地の画像取込ができる装置を目指している。そのため画像取込位置はできる限り近い方が望ましいと考えた。それぞれのカメラ

ラが捉えた画像データは同じであることが理想であるが照明条件がそれぞれに全く異なるため同じ位置で画像を取り込むことは不可能である。お互いの照明光が干渉しない条件で、なお且つ織物生地 of 伸び縮みなどの影響が少ないようにレイアウトを考慮した。

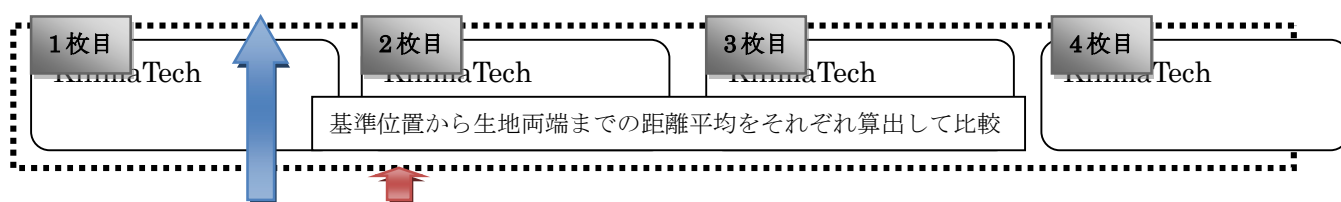


図表 2-22

図表 2-22 のように織物生地画像取込位置では、生地を高速送りしても常に同じ位置、同じ条件で画像データ取込が可能になるように位置決めガイドを設けた。また画像取込位置においては、対象となる織物生地以外の部分は不要な画像データが入り込まないように、カメラ・レンズ本体との距離や角度の位置関係及び照明装置との位置関係が一定に保たれるように、暗空間を構成するように配慮した。

画像データの蛇行の検証

下の織物画像データ 織ネーム生地 12 枚を元に検証をおこなった

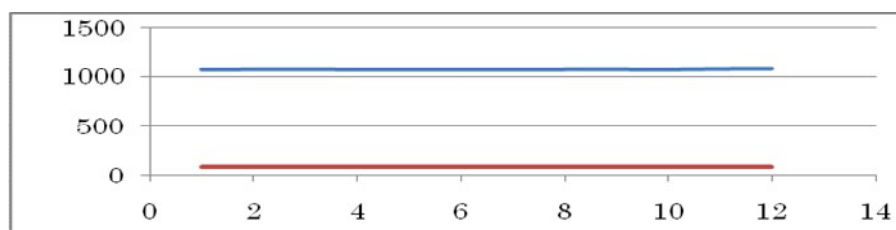


図表 2-23

1070	1073	1075	1070	1071	1071	1071	1072	1073	1071	1077	1080
84	79	77	79	77	78	82	80	83	84	83	82

図表 2-24

図表 2-24 は織ネーム生地 12 枚分の画像データで、一枚毎の横軸位置の平均値を両端で算出したものである。また、図表 2-25 はそれをグラフ表示させたもので約 1000 画素の生地巾のデータに対して 両端共に 10 画素以内の振れ幅に収まるデータとなっている。



図表 2-25

エンコーダー位置情報の検証

織物生地寸法の不良な生地を画像データで取込み、実測の長さ寸法と画像データから得られた長さを比較して、装置が取り込んだ画像データがどれくらい実測値と合致しているかを検証し、エンコーダー位置情報取込に関わる誤差を検証した。

実測長さ mm	画像データ長さ mm	実測とデータの差 mm	不一致度数
64.65mm	64.70 mm	-0.054 mm	0.08%
64.6mm	64.67 mm	-0.074 mm	0.11%
65.45mm	65.39 mm	0.055 mm	-0.08%
69.75mm	69.87 mm	-0.115 mm	0.17%
65.8mm	65.88 mm	-0.076 mm	0.12%
65.15mm	65.08 mm	0.073 mm	-0.11%
65.7mm	65.62 mm	0.080 mm	-0.12%
66.85mm	66.92 mm	-0.071 mm	0.11%
67.7mm	67.70 mm	-0.001 mm	0.00%
66.15mm	66.14 mm	0.012 mm	-0.02%
65.35mm	65.40 mm	-0.052 mm	0.08%
65.3mm	65.34 mm	-0.043 mm	0.07%
65.3mm	65.27 mm	0.026 mm	-0.04%
66.35mm	66.40 mm	-0.046 mm	0.07%
65.3mm	65.21 mm	0.087 mm	-0.13%
64.75mm	64.63 mm	0.119 mm	-0.18%
64.52mm	64.54 mm	-0.024 mm	0.04%
64.58mm	64.56 mm	0.020 mm	-0.03%
65.15mm	65.07 mm	0.083 mm	-0.13%

図表 2-26 測定結果の一覧 15 枚の織ネーム生地の長さを計測

実測寸法と画像データ計測寸法の比較では 0.2%以内の誤差が表れている。実測寸法はデジタルノギスを使用して計測しているため、正確性を保つことが難しく、高い精度で計測できていないと考えられる。しかし、現状の測定条件の下でも 0.2% (100mm で 0.2mm)以内の誤差なのでエンコーダー機構部分の不具合点の誤差は十分に許容範囲に収まっている。

2.5. 専門知識を必要としない操作装置の開発

繊維・織物製造業における検査装置の開発（検査の自動化）にあたってはコンピューターシステムの利用が不可欠であるが、現状、検査は人手（目視）により実施されており、また、それら担当者の多くは、コンピューターおよびソフトウェアの利用経験がないもしくは少ない中高年層が占めるとされる。

故に、本業務（専門知識を必要としない操作装置の開発）においては、コンピューターおよびソフトウェアの基本的な取り扱い方法の知識がない従業員をターゲットユーザー（操作者）とし、かつ短時間の研修による操作・運用が可能なソフトウェア（以下、検反システムもしくはシステムという）を実現するべく、キーボードやマウスといった機器による操作が不要なハードウェアを採用すると共に、検反システム（画面仕様）においては、実際に検査工程を担当もしくは熟知している方々の意見を取り入れながら、さまざまな運用ケースに対応が可能であり、また、直感的かつ必要最低限の操作によって運用できる操作容易性の高いデザインを採用した。尚、本業務においては、繊維・織物の内、織ネームを検査するシステムを前提に画面仕様の検討（設計）および開発を実施した。次にその概要を記す。

2.5.1. ハードウェア

HMI²としてタッチパネルディスプレイ³を採用することで、キーボードやマウスによる操作を不要とした。これにより、キーボードやマウスの操作に不慣れな操作者でもシステムを操作できるよう配慮すると共に、それら機器の操作説明や操作練習といった、検反システムを理解する以前に必要な基礎的な研修期間の短縮を図った。

ディスプレイサイズには、19 インチワイドタイプ（1440×900 ピクセル）を採用し、大半の方の視力が衰える中高年層でも容易に文字や画像を視認できるよう配慮した。

2.5.2. ソフトウェア（アプリケーション）

(1) 画面方式

情報の入出力画面には、GUI⁴を採用し、直感的かつ必要最低限の操作により、検査に係るすべての作業をシステムへ指示すること、また、結果の確認ができるよう配慮した。

(2) 文字サイズ

画面で使用する文字の標準的なサイズには、14 ポイント（今回採用したディスプレイの場合、1 文字が約 6 ミリ角で表示）を採用し、可読性を高めた。

(3) ガイドの仕組み

画面には、初めて検反システムを操作する者や頻繁に操作することがない者においても、操作マニュアル等を閲覧することなく検査を進めることができるよう次に挙げる 3 つの

² Human Machine Interface の略。人間と機械の間で情報のやりとりを行う為の媒体。

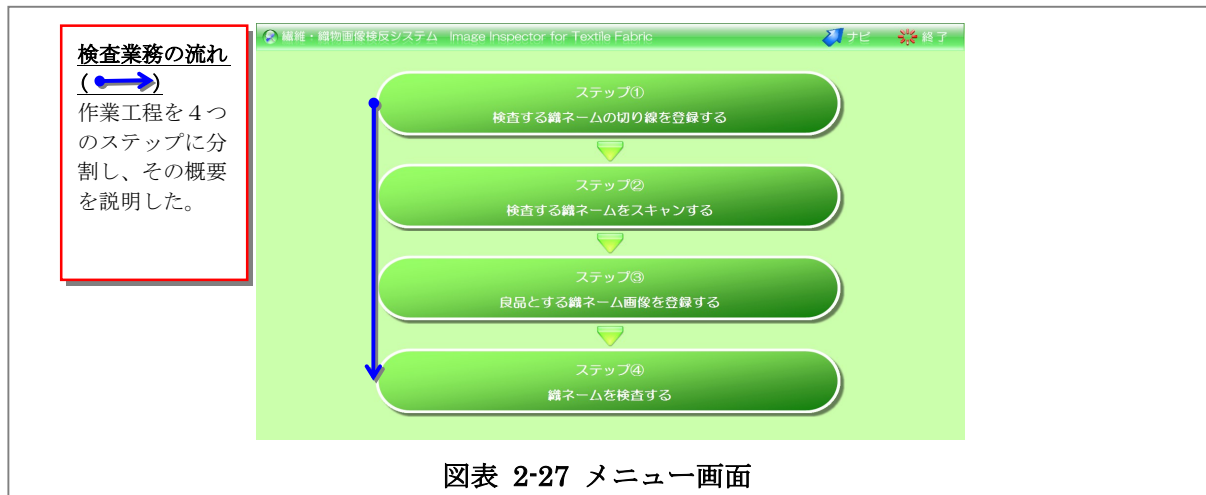
³ 指や専用のペンで画面に触れることでコンピューターの操作が行えるディスプレイ装置（モニター）。タッチスクリーンやタッチ画面とも呼ばれる。

⁴ Graphical User Interface の略。画像を多く用いて、操作の多くをマウス等のポインティングデバイス（今回はタッチパネルディスプレイ）によって指示する画面実装方式。

操作をガイドする仕組みを採用した。

① 検査業務の流れの説明

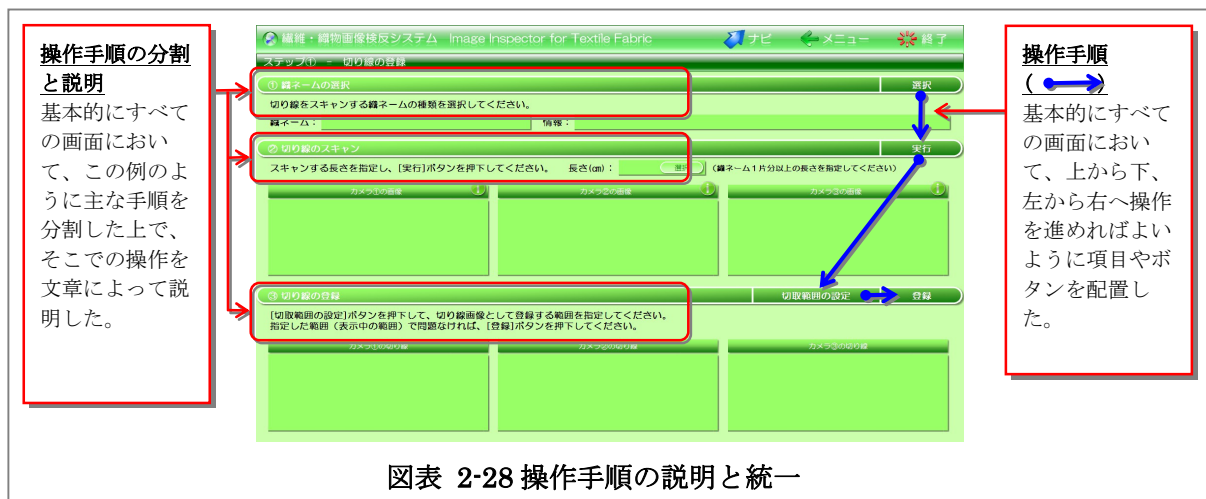
検反システムにおける作業工程を4つのステップ（機能）に分割し、各ステップを開始するメニュー画面にそれらの概要を説明する文章を掲載した。これにより、初めて検反システムを操作する者が検反システムにおける検査の流れを理解し易いよう配慮した。各ステップの詳細については「2.5.2.（4）機能分割」で説明する。



図表 2-27 メニュー画面

② 操作手順の説明と統一

各ステップ（画面）における操作を主だったいくつかの手順に分割し、各手順を文章で説明すると共に、すべての画面において上から下、左から右へ操作を進めればよいように、機能ボタン等を全画面統一的に配置した。これにより、初めて検反システムを操作する者が各ステップにおける操作手順を理解し易いよう配慮した。

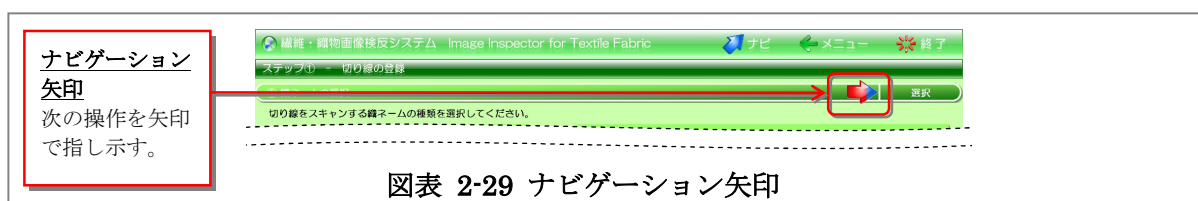


図表 2-28 操作手順の説明と統一

③ ナビゲーション矢印

複数の操作が必要な画面には、その基本的な操作手順に照らして次に行うべき操作（押下すべきボタンなど）を指し示すナビゲーション矢印の表示機能を共通的に組み込んだ。これにより、初めて検反システムを操作する者が迷わず次の操作を実行できるよう配慮した。尚、本機能については、操作手順を熟知するに至った者には逆に目障りにな

ることが予想される為、表示・非表示を操作者の意思で切り替えることを可能とした。



(4) 機能分割

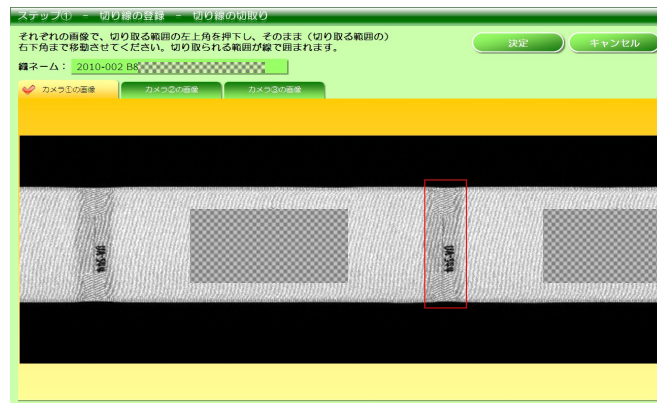
前述した通り、検反システムでは、作業工程を4つのステップに分割した。これにより、全工程を一貫して進める場合は言うまでもなく、工程毎に作業を中断・再開するケース、一部の工程を再実行もしくは繰り返し実行するケース、工程毎に担当者が替わるケースといったさまざまな運用ケースに対応可能なよう配慮した。各ステップの概要を以下に記す。

ステップ①：切り線⁵の登録（切り線登録画面）

ここでは、織ネームの1片（始まりから終わり）を認識する為に使用する切り線の画像の取り込みとその登録（保存）を行う。事後に同じ製品（織ネーム）の検査を実施する際には、基本的にこの作業は不要となる。



⁵ 連続して織り上げられた織ネームを1片毎に裁断する為の目安とする線。織ネームと織ネームの間に縦線として織り込まれる。



図表 2-31 切り線切り取り画面

ステップ②：織ネームのスキヤン（織ネームスキヤン画面）

ここでは、ステップ①で登録された切り線画像を用いて、連続して送られてくる織ネームを1片毎に画像として取り込み、保存する。



図表 2-32 織ネームスキヤン画面

ステップ③：良品織ネーム画像の登録（良品織ネーム登録画面）

ここでは、ステップ②で保存された画像から、検査の際に正解画像として使用する良品の画像を登録する。事後に同じ製品（織ネーム）の検査を実施する際には、基本的にこの作業は不要となる。



図表 2-33 良品織ネーム登録画面

ステップ④：織ネームの検査（織ネーム検反画面）

ここでは、ステップ②で保存された画像およびステップ③で登録された良品画像を用いて、織ネーム1片毎に検査を実施する。



図表 2-34 織ネ一ム檢反画面

(5) 進行の自動化

前述した通り、ステップ①～③の最後の手順が正常に終了した場合は、続けて次ステップへ進むか確認するメッセージを表示する仕組みを採用した。これにより、一度メニュー画面へ戻り、次のステップを開始するという操作を割愛できるよう配慮した。

(6) 入力項目の自動表示機能

前述した通り、各ステップから次のステップへ移った際には、基本的に同じ織ネームに関する作業を行うものと予測し、対象とする織ネームの情報が自動表示されるようにした。その他、予め織ネーム毎に情報を登録しておく前提ではあるが、「長さ」の情報を用いて、ステップ①の切り線のスキャンを実行する際の切り取る「長さ」に織ネーム1片の長さ+0.5ミリの長さを自動表示するようにし、また、同類の機能として、ステップ②や④の不良品判定処理においては、予め登録されている検査レベルを自動的に採用する（都度、レベルの設定を行う必要がない）ようにした。これらにより、各ステップでの操作手順を減らす配慮をした。

2.5.1. 今後の検討課題

本業務では、織ネームを、画像を用いて検査し、その結果を検査担当者（検反システムの操作者）へ通知する工程までの画面機能は実現できたが、検査後に織ネーム（実物）と検査結果を突き合わせる為の機能が欠落している。この機能の仕様としては、不良品と判定された織ネーム画像に付与された連番を元に、該当する織ネーム（実物）にスタンプや切り込みによるマーキングを行うことが適当であると考えている。

検反システム（装置）を製品化するにあたっては、この検査後の工程を実現することが不可欠であると認識している。

2.6. 実際の多種多様な繊維・織物製品での検証テスト

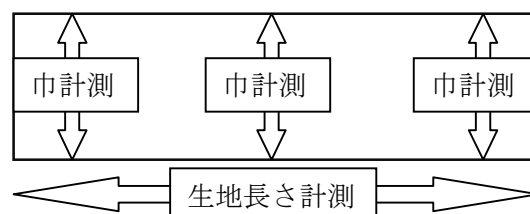
できる限り多数のバリエーション織物生地での検証テストを実施すべく、製品なども利用して寸法計測テストをおこなった。ここでは意匠の問題から公開可能なものについてのみ結果を掲載する。

織ネーム生地計測基準

生地寸法計測は次のように実施した

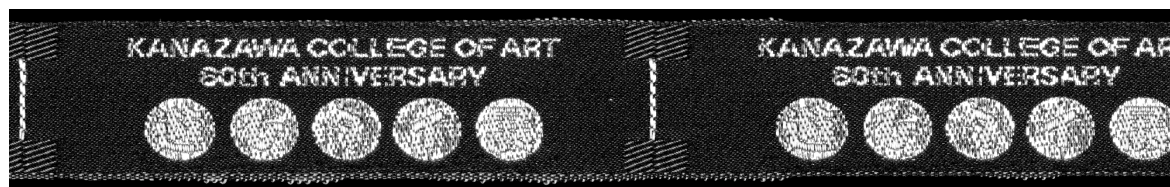
1. 生地一枚の全長の計測
2. 生地巾を三か所で計測

画像データからの計測値 10 枚分を一覧表にして掲載する。



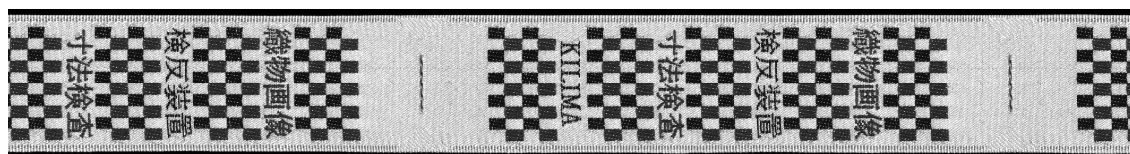
今回は 25 種類のサンプル生地の寸法計測を実施している。ここでは一部を参考例として掲載する。

- 柄名 遊びタイ銀箔



	生地長さ	織巾左	織巾中央	織巾右
1 枚目	69.10mm	17.05mm	17.11mm	17.41mm
2 枚目	69.17mm	17.51mm	17.42mm	17.27mm
3 枚目	69.38mm	17.11mm	17.11mm	17.35mm
4 枚目	68.75mm	17.51mm	17.45mm	17.29mm
5 枚目	69.01mm	17.15mm	17.16mm	17.36mm
6 枚目	69.07mm	17.48mm	17.42mm	17.27mm
7 枚目	68.91mm	17.10mm	17.13mm	17.31mm
8 枚目	69.01mm	17.48mm	17.37mm	17.31mm
9 枚目	69.34mm	17.13mm	17.09mm	17.27mm
10 枚目	68.75mm	17.55mm	17.52mm	17.45mm

- 柄名 織物画像 白



	生地長さ	織巾左	織巾中央	織巾右
1 枚目	107.32mm	23.31mm	23.24mm	23.37mm
2 枚目	107.73mm	23.27mm	23.26mm	23.41mm
3 枚目	107.36mm	23.47mm	23.54mm	23.52mm
4 枚目	108.66mm	23.44mm	23.38mm	23.27mm
5 枚目	102.58mm	23.04mm	23.03mm	23.21mm
6 枚目	107.97mm	23.11mm	23.00mm	23.27mm
7 枚目	107.98mm	23.22mm	23.11mm	23.28mm
8 枚目	111.25mm	23.47mm	23.35mm	23.49mm
9 枚目	111.75mm	23.39mm	23.33mm	23.42mm
10 枚目	110.46mm	23.36mm	23.44mm	23.62mm

生地在意匠によっては一枚分の目安となる切り線がないものもあり、柄という特徴点を登録してパターンマッチさせることで生地一枚分の計測アルゴリズムを実行させている。

特徴点が抽出できる画像データが作成できれば、寸法計測に関してはほぼ計測は可能である。

第3章 全体総括

本研究開発では、細かい文様をもちながらその形状が一定でない工業製品である織ネームを対象として、画像処理による検反の自動化装置の開発を目指した。繊維・織物の分野では、その生産は高度な自動化が達成されているにも関わらず、検反は人手による目視に依存したままとなっている。人件費の高騰した我が国で、繊維・織物製品の国際競争力を高めるためには、検反の自動化は避けては通れない課題になっている。

繊維・織物製品の画像処理による検反を目指して、まず輝度分布が一定で安定した織ネームの画像を取り込む技術の開発を行った。白色 LED、赤外 LED、赤色レーザー、青色レーザー、赤外レーザーを組み合わせた照明装置を用いることで、256 階調の輝度で 3 以内に輝度のばらつきを抑えて撮影することが可能になった。

輝度分布が一定した織ネームの画像に対し、その歪みを補正するアルゴリズムを開発し適用した。織ネームの画像の歪みとは、撮影装置の光学的な特性で発生するものではなく、その繊維が伸び縮みすることにより生じるものであり、画像処理による検反の自動化を妨げている要因である。開発した歪み補正アルゴリズムにより、後述する HALCON による検査を高精度で行うために必要な画像の補正を行うことが可能となった。

汎用画像処理ソフトウェア：HALCON を用いて、輝度分布が一定となるように撮影し、かつその歪みを補正した織ネームの画像データをもとに、目標とした経糸方向と緯糸方向の寸法の自動検出を行うことができた。正規化相互相関により、検査対象画像と正常系画像の位置合わせを行い、バリエーションモデルと呼ばれる外観検査の機能により、良／不良の自動判定を行う。この検査手法により、柄糸抜け、油汚れ、シミ汚れ、糸フケ、糸毛羽、指定色間違いなどの細かな不良を画像から自動検出することが可能となった。正規化相関を利用して縫い目を検出することで、経糸切れ、緯糸切れを検出することもできた。糸浮き、糸沈みの 2 つの不良の検出については、今後の課題としてさらなる技術開発が必要であることが判明した。

ここまで開発した画像の取得と自動判定アルゴリズムを検査装置として実現するため、織ネームのような長尺織物生地を自動送りし、安定してカメラで撮影するための機構を開発した。装置の送り速度を均一化することで、撮影した画像が 0.2% 以内の寸法のばらつきに収まるように撮影することが可能になった。

また専門知識を持たない人でもこの装置を操作できる GUI を開発した。GUI については、現場の意見を反映して仕様の決定と改良を行い、快適な操作性を実現することができた。

実際の検査装置としては、様々な種類の生地に対応するため、20 種類のサンプル生地を作成し、その寸法計測が行えることを確認した。

本研究開発では、織ネーム画像を自動で取り込み、良／不良の判定を自動で行うことについて、一定の目処をつけることができた。実用的な検反装置とするためには、良／不良判定した結果を実際の織ネームの実物と、どのように結びつけるかが課題として残されている。今後の研究開発ではこの課題と、さらなる画像処理アルゴリズムの改良に取り組むことを目指している。