

36 高精度織物読取装置の開発による糸配列検査システムの研究開発

古谷 稔, 藤田浩行, 森本雅和^{※1}, 志方 泰^{※2}, 初田真幸^{※2}

1 目 的

先染め織物は、量産する前に長さ1m程度を試織し、それを熟練工が目視確認する織出検査により、幅1.2~1.8m、たて糸6,000~8,000本の糸が指図書どおりに配列されているかを確認する。糸は非常に細いため、その確認には多大な時間と労力を必要としている。織出検査では、約10%の割合で不具合が見つかるが、このうち2~3%は目視検査をすり抜けて本生産に入って不良品となり、繊維産地の大きな損失となっている。

本研究では、この織出検査を自動化し、不良品の発生の低減と、織出検査の時間短縮を目的とする研究開発を実施した。

2 織物読取装置の開発

2.1 超解像度画像撮影機能

2.1.1 カメラキャリブレーションによるゆがみ補正

本研究開発では、非常に細い糸を識別する必要があり、カメラから入力される画像は高い精度が求められる。そこで、レンズのひずみの影響を軽減するためにカメラキャリブレーションを行い、画像のゆがみ補正を行うとともに、解像度の高い画像の中心部分を取り出すことにより、ゆがみの無い高精度画像を取得することができた。

2.1.2 自己相関画像による傾きと糸周期の抽出

撮影装置に生地をセットする際、織物は柔らかく正確に配置することが困難であり、斜めに傾いた配置になることが多い。この傾きを検出するために自己相関画像を作成し、近傍の極大値の傾きから経緯の糸の傾きを検出し、アフィン変換による画像回転補正を行った。その結果、撮影装置へ生地を正確にセットする必要がなくなり、所要時間を従来の1/5以下に短縮することができた。

また、自己相関画像から糸周期を同時に求めることができ、その情報は次の糸配列自動識別において糸領域抽出に用いられる。

2.2 糸配列自動識別機能

2.2.1 クラスタリングによる糸色の識別

撮影した生地の画像から糸の色を識別するため、抽出した糸系領域の平均色を元にクラスタリングにより糸糸の色を識別する手法をとった。指図書の糸糸の色数と大まかな色情報をもとにクラスタの初期値やクラスタリ

ング手法を選択し、効率的な糸糸色の識別を可能にした。

2.2.2 2種類の糸糸を用いた生地での実験

2色の糸が同じ割合で使用されているストライプ柄10種類と同色のチェック柄10種類の生地で糸配列の識別実験を行った。クラスタリング手法としてEMアルゴリズムを、色情報としてRGB色空間を選択した結果、糸配列を識別率100%で識別できる事を確認した。

2.2.3 3種類の糸糸を用いた生地での実験

次に、3色以上の糸が任意の割合で使用されている複雑な色柄の生地10種類で糸配列の識別実験を行った。その結果、糸配列を識別率100%で識別できた生地は2種類だけで、識別率90%に満たない識別結果となるものもあった。これは、RGB色空間で非常に近い2色の糸が使用されていることが原因であると考えられる。

このように、特定の手法のみでは十分な精度で糸配列を識別ができないため、生地ごとにクラスタリング手法と色空間の最適な組み合わせを求める実験を行った。

2.2.4 クラスタリング条件の変更による識別の最適化
次のクラスタリング条件の組み合わせで糸配列の判別実験を行ない、生地ごとの最適なクラスタリング手法と色空間について検討した。

- ・クラスタリング方法：EMアルゴリズム、K-Means
- ・パラメータ（色空間）：RGB、HLS、XYZ

各生地に対して最も有効な組み合わせを選択した場合、5種類の生地で識別率100%を達成することができ、残る5種類の生地でも90%以上の高い識別率が得られた。この結果から、糸糸情報を利用して、生地別に有効なクラスタリング手法を選択することにより、高い識別率が達成できることが明らかになった。

また、誤識別を起こす生地について調査した結果、以下の特徴があることが判明した。

- ① 生地に使用されている特定の糸糸の頻度が少ない。
- ② 他の糸と類似した色が使用されている。

このような特徴を持つ生地は、完全な自動識別が難しいため、糸1本ごとに識別結果の信頼度の評価を行ない、信頼性の低い部分については、目視による検査を求めるシステムを構築することで解決できると考えられる。

2.3 比較用設計画像生成機能

織出検査は、織物が指図書どおりに仕上がっているかを確認することである。生地撮影画像と仕上りシミュレーション画像、糸配列識別画像を比較することで、どの部分に不具合が発生しているのかを容易に確認できる。

(※1 兵庫県立大学)

(※2 株式会社ブレイン)

これを実現するために、織物設計書から比較用シミュレーション画像を生成する機能を構築した。構築した機能を次に示す。

①シミュレーション画像生成機能：織物設計データとして、織上密度、経糸と緯糸の糸配列、糸の色、組織図、糸の太さを読み込み、これらの情報から糸の太さや部分密度変化を考慮したシミュレーション画像を生成する機能。

②比較画像表示制御機能：織物のどの部分に不具合が発生しているかを確認するため、生地撮影画像(糸配列識別結果画像)とシミュレーション画像を比較表示させて糸配列を目視できる機能。

③不良箇所表示機能：類似色の糸の入れ違いが起こっている場合などでは、表示された画像から目視で不良箇所を瞬時に探すのは困難なため、解析結果と設計データで糸の異なる箇所には解析画像上でマーク表示を行う機能。

2.4 装置の全体構成

2.4.1 生地読取装置の開発・試作

平成 20-22 年度の研究成果を統合して、織り出し検査システム用の生地読取装置の試作を行った。

1号試作機(図1左)は、実験や検証の目的で製作した。この試作機によって研究に必要な撮影データの採取や照明、カメラの撮影環境について検証を行い、良好な成果が得ることができた。しかし、装置が大きく重いため可搬性が悪く商品化への障害となるため、1号試作機で得られた成果を踏まえ、2号機を製作した(図1右)。

2号機では2本使用していたレールを1本にし、素材をステンレス鋼からアルミニウム合金に変更し、大幅な軽量化につながった。しかし、レールの1本化により、カメラの移動時の振動が大きく画像にブレが発生したため、撮影時に一旦停止し撮影する手法を採用した。カメラの移動速度の高速化により、1号試作機の連続撮影と同等の所要時間(1.0min/m)で織物画像を撮影することができた。この結果から、現在の目視検査に要している時間30分と比較して、画像処理時間を加えても実用上支障のない性能を確保することができた。

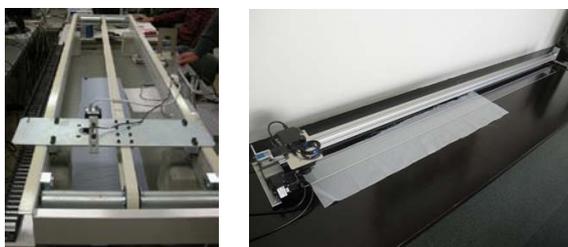


図1 生地読み取り装置(左:1号機・右:2号機)

また、カメラにLEDリング照明を取り付け、様々な照明環境に影響されないよう照度を安定化させた。カメラの撮影制御と移動制御はUSB接続したパソコンから行ない、移動距離や撮影間隔等もパソコンからコントロールできるようにした。

3 結果と考察

3.1 織物検査システムの機能評価

撮影した生地画像に対して自己相関画像生成と撮影画像の傾き補正を行うことにより識別率の向上を図った。カメラに対して生地の織り目を正確に水平・垂直となるように置くことは難しいが、自己相関画像から生地の傾きを求め、画像の傾きを補正するアフィン変換を行う事により、生地が7度傾斜していても問題なく識別が可能であることを確認した。また、糸ブロックの平均色をクラスタリングすることにより、経糸の識別を行なう機能を実装した。クラスタリングの方法、色空間の選択の組み合わせ実験を行い識別率への影響考察を行った結果、実用レベルに達していることを確認した。

解析したデータは生地撮影画像・糸配列識別画像・比較用シミュレーション画像を上下に並べて表示し、画像間の位置対応を随時計算、表示する機能および糸配列識別結果と設計データを分析し、設計と識別結果の異なる箇所を表示する機能(図2)を実装した。

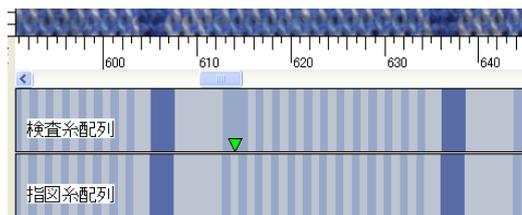


図2 指図と検査結果の糸配列の比較

3.2 読取装置の機能評価

1号試作機の製作後、研究参画機関及び検査部門で評価した結果、読み取りや検査システムの性能については一定の評価を得たが、装置の可搬性に問題があるという評価であった。コンパクトで軽量の2号機の製作により1号機で判明した種々問題点の改善を行い、実用化に向けた取り組みを行った。また、生地を正確に検査するためには、シワやゴミを除去する必要があるが、生地の上にアクリル板を置くことによりシワが除去されて糸配列の読取性能を向上させることができた。

4 結論

本事業では、実験機的设计・製作、制御プログラムの设计開発、画像処理プログラムの设计開発、糸中心線検出、比較用设计画像の生成、不良箇所検出機能に関する研究開発に取り組んだ。その結果、織物の糸配列を高精度でかつ短時間で検査するシステムを開発することができた。

(文責 古谷 稔)

(校閲 有年雅敏)