

織物欠点解析への画像処理技術の応用

開発技術部：彦坂久美子・伊藤通敏

1. はじめに

自動検反装置など欠点検出に画像処理を利用した例は数多くある。これらは汚れ、縞違い、傷など特定の欠点に対してはかなり実用化が進んでいる。しかしながら全体的欠点も部分的欠点も全体を同じアルゴリズムで処理するため、すべての欠点を検出するのは困難であるなどの問題点もある。本研究は織物欠点解析に関する個人の知識の共有化や伝達、また欠点解析の自動化、省力化を図るため織物欠点診断システムを構築し、相談業務の支援システムとすることを目的としているが、欠点全体のシステム化は困難と考え、まず、外観形状からの欠点分類プログラムを作成し、その後各欠点グループごとに解析方法を検討していく方針をとった。

今年度は、昨年度行った外観形状から織物欠点の系統的分類に基づいて、織物欠点診断システムの一部となる欠点分類プログラムを開発した。さらに欠点解析の精度向上のため、外観目視から解析困難な欠点の中から密度に起因する欠点を取りあげ、画像処理技術を応用して欠点解析手法の検討を行ったので報告する。

2. 試験方法

2.1 欠点分類プログラムの開発

昨年度行った織物欠点の系統的分類手法に基づいて、織物欠点診断システムの一部となる織物欠点の外観特徴による織物欠点分類プログラムをBASIC言語を用いて開発した。

2.2 欠点解析手法の検討

密度に起因する織物欠点の解析手法として、画像の重ね合わせによる手法（モアレ現象）を欠点解析に応用できるかを検討した。モアレ現象を用いた計測は変位・変形・回転・形状などの理由に

よって（基準から）変化した信号図形と、性質のわかっている参照図形とが重なり合った結果生じたモアレ縞を計測することによって、信号図形の変化の原因となる変位その他について知ろうとする方法であり、微妙なずれを強調して現すことができる。この方法は回折格子刻線機の送りむらの検出に利用されたのをきっかけに、現在では織物においてもデンシメータによる織密度計測などにこの原理が用いられている。非常に精度がよく、全視野的な情報が得られるのが特徴である。

今回は画像処理システムを用いて、密度に起因する欠点をモアレ縞の変形として検出、解析することにより、欠点解析の画像処理アルゴリズムについて検討した。

2.2.1 画像処理装置

画像処理装置については図1のとおりで、今回は照明には透過光を用いた。

①TVカメラ

TI23A形CCDカメラ（日本電気（株）製）

画素数 512（H）×492（V）

解像度 水平380本×垂直350本

②メモリーボード

EIP98ビデオ入力画像メモリ（ADS（株）製）

画像メモリ 256×256×8ビット 2画面

画像表示 256（H）×240（V）ドット／画面

64階調

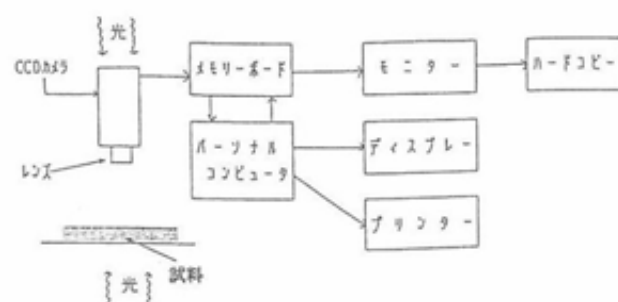


図1 画像処理システム

③モニター

ビデオ受像機 WV-5410 14形

(松下電器(株)製)

解像度 水平850本(中心部)×垂直350本

④パーソナルコンピュータ PC-9801Vm21

2.2.2 試料

$$\frac{353D \times 353D}{40 \times 40} \text{ 平織 (PPS モノフィラメント)}$$

上記の織物において、寄れ、厚段、薄段、密度ムラ(周期性有無)、糸抜け、二本並びなど主に密度に起因する欠点を作成して用いた。

その他クレームとして当センターに持ち込まれた織物を用いた。

また、モアレ縞の発現を考察するため、OHPシートで簡易に欠点を作成し、欠点解析の検討に用いた。

2.2.3 モアレ縞生成原理

二枚の直線群や簡単な図形組織を重ね合わせてそれをずらすだけで色々な文様の現れることはよく知られている。図2に二面の直線群のモアレ縞

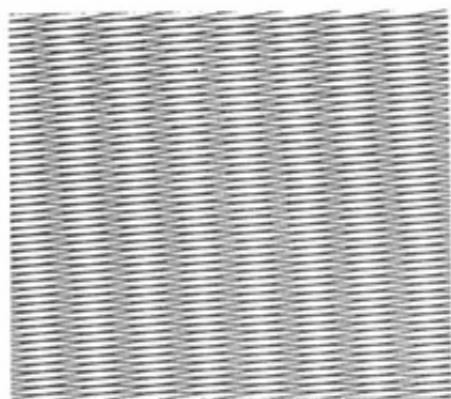


図2 二面の直線群のモアレ縞

を示す。二面の直線群の場合、直線群のピッチをそれぞれ l_1 、 l_2 、回転角を θ とすると、そのモアレ縞の方程式とモアレ縞ピッチ(δ)は、(1)式と(2)式で表せる¹⁾。

$$y = (\cot \theta - \frac{l_2}{l_1} \operatorname{cosec} \theta)x - l_2 k \operatorname{cosec} \theta \quad \dots (1) \text{ 式}$$

$$\delta = \frac{l_1 l_2}{\sqrt{(l_1 \cos \theta - l_2)^2 + (l_1 \sin \theta)^2}} \quad \dots (2) \text{ 式}$$

ただし、 k は縞次数である。

また(1)式の直線の勾配からは文様の格子縞の傾きがわかる。

2.2.4 画像処理アルゴリズムの検討

図3の次点解析の流れに基づいて欠点解析のための画像処理アルゴリズムの検討を行った。

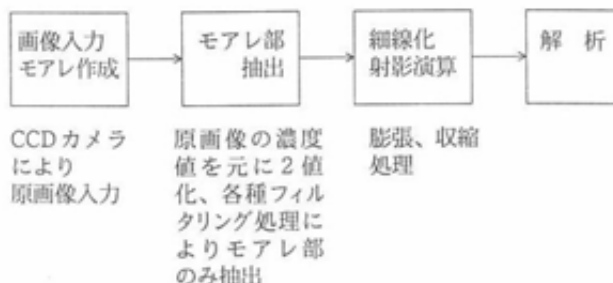


図3 欠点解析の流れ

3. 結果及び考察

3.1 欠点分類プログラムの開発

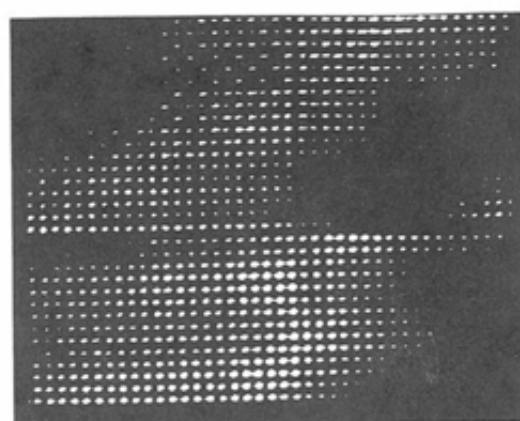
昨年度の織物欠点分類に基づき、織物欠点診断システムの一部となる外観特徴による織物欠点分類プログラムをBASIC言語を用いて開発した。「木構造」による本プログラムは各質問ごとにYes—No方式もしくは番号選択式を採用しており、経験の浅い者でも質問に沿っていけば結論にたどりつける。ただし、外観からではひとつに特定できない欠点もあり、その場合は複数の可能性のある欠点出力される。欠点生成原因や対策については昨年度作成した欠点カードにより確認できるが、特にタテ方向の欠点など外観目視からでは判断しにくい欠点も多い。そこで今回は欠点解析手法のひとつとして密度に起因する織物欠点の解析手法について検討したが、さらなる精度向上のためには、欠点解析データの蓄積・利用(試験データのデータベース化など)とともに、エキスパートの導入、新たな解析方法などの検討を行っていく必要がある。

3.2 欠点解析手法の検討

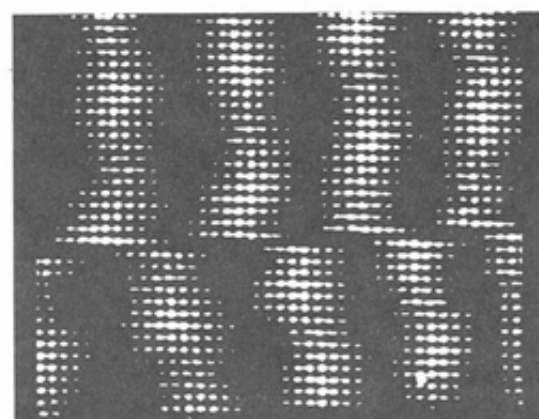
3.2.1 モアレ縞の作成

欠点試料と同じピッチの平行格子線を用いて、モアレ縞と画像の回転角度との関係を調べ、モアレ縞の発現を考察した。モアレ縞は欠点試料と、それと同一ピッチの平行格子線を重ね、これを回転することによって作成した。画像の回転角度 θ （平行格子線と検出したい方向との角度）を $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ で変化させた結果を図4に示す。モアレ縞は $0^\circ < \theta < 25^\circ$ で作成された。式(2)からも確認できるように θ が小さくなるにつれ、モアレ間隔が大きくなりモアレ数が減少することから、解析に用いるには $10^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$ が適当と思われる。回転角度 θ が大きくなって約 25° を越えると模様は一変する。回転角度 θ が 45° を越えると平行格子線と検出したい方向（この場合X軸方向とX軸方向）の直線群同士のモアレ縞の発現が、Y軸方向とX軸方向の直線群同士のモアレ縞の発現に移ることが読み取れる。また上下左右に画像をずらすと、平行格子線のピッチに応じてモアレ縞の位相がシフトした。

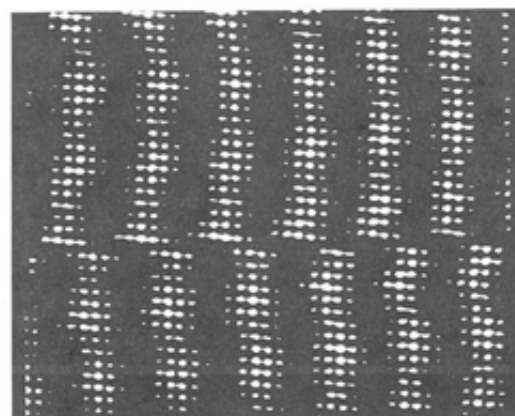
また、平行格子線のピッチを変化させてモアレ縞を測定したところ、平行格子線に既知の画像を用いれば、式(1)から織密度の測定も可能であることがわかった。織密度とモアレ縞角度の相関は図5のとおりで $r = 0.987$ であった。



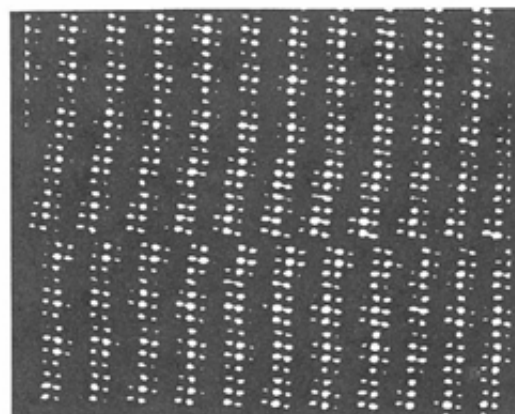
$\theta = 0^\circ$



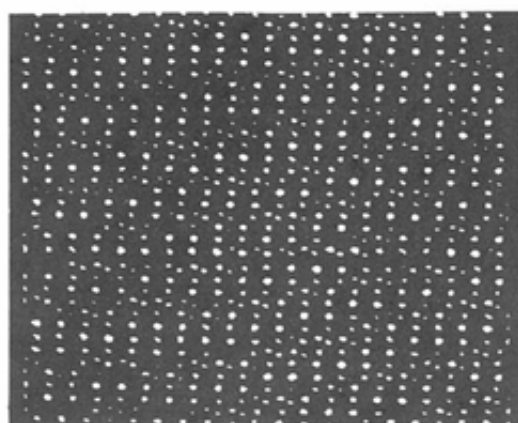
$\theta = 5^\circ$



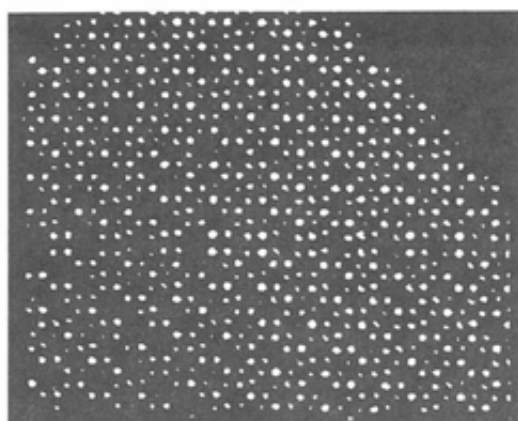
$\theta = 10^\circ$



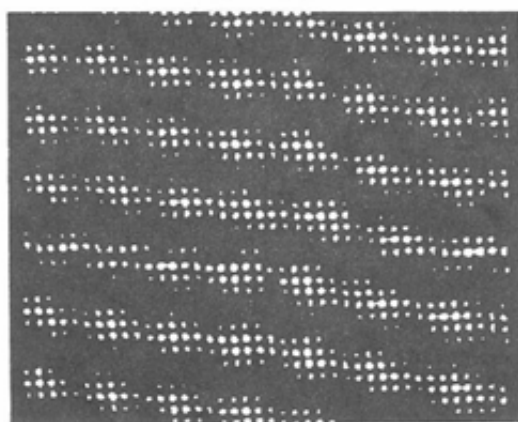
$\theta = 20^\circ$



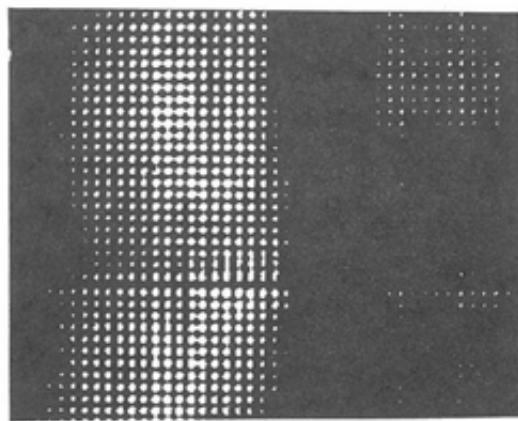
$\theta = 30^\circ$



$\theta = 45^\circ$



$\theta = 80^\circ$



$\theta = 90^\circ$

図4 回転角度とモアレ縞の関係

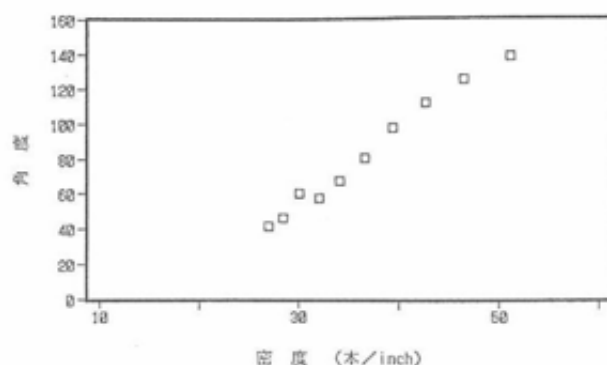


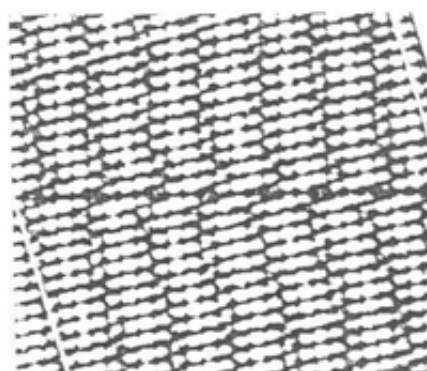
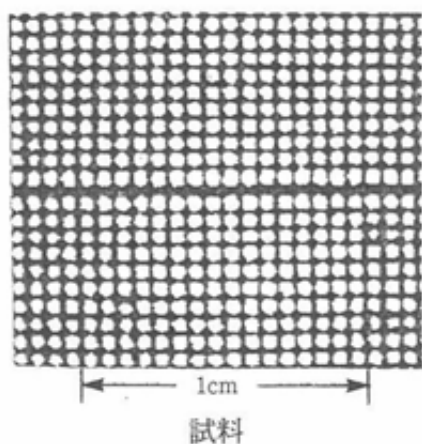
図5 織密度とモアレ縞角度の関係

3.2.2 画像処理アルゴリズムの検討

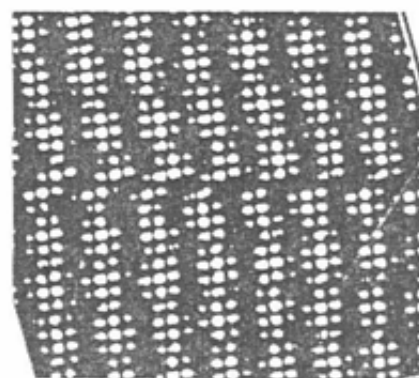
各種欠点織物について、画像入力倍率を変化させモアレ縞抽出のための画像処理アルゴリズムの検討を行った。倍率を変化させることにより全体的または局部的な欠点がみられる。図6に画像処理の基本的操作、図7に各処理における欠点画像の例を示す。



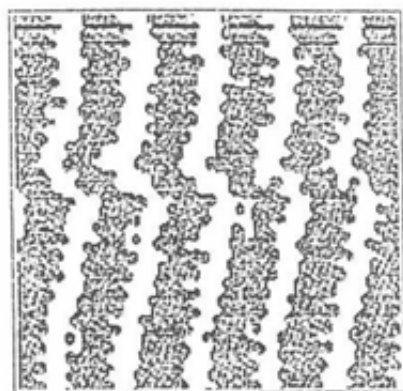
図6 画像処理の基本的操作



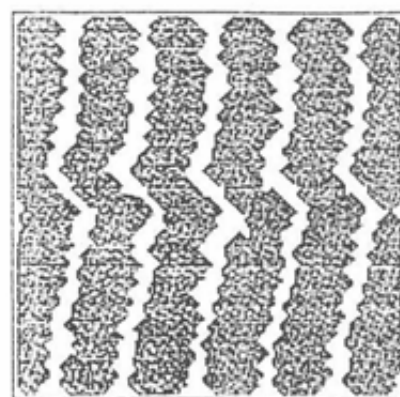
原画像



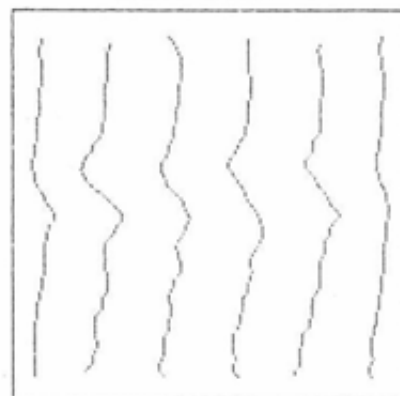
2値化画像



モアレ抽出画像



膨張、収縮処理



細線化

図7 各処理における欠点画像

①画像入力・モアレ作成

CCDカメラにより画像を入力した。

モアレ縞作成については、画像処理装置のアフィン変換、AND機能を用いて行えるが、時間がかかるため、今回はあらかじめ平行格子線を回転して重ねた画像を入力した。

回転角度については $\theta = 15^\circ$ と一定とした。

②モアレ部抽出

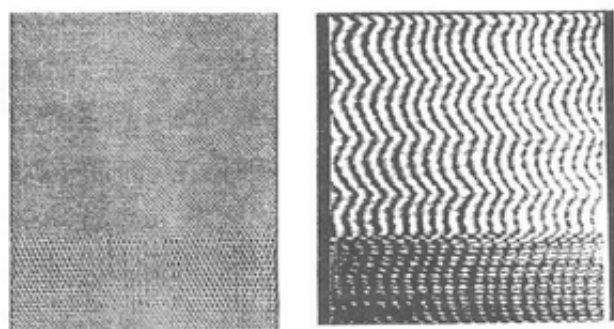
原画像の濃度ヒストグラムをもとにp-tile法またはmode法により2値化を行った。その後、鮮鋭化、濃度補正（反転）、平滑化処理によりモアレ部分を抽出した。

③細線化

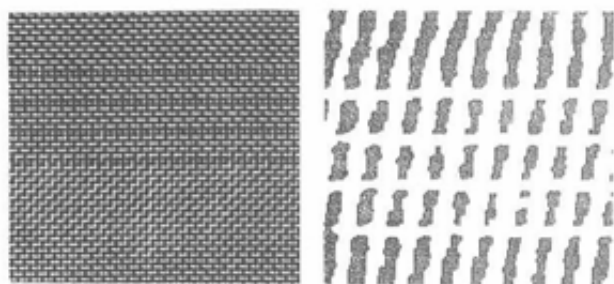
細線化の際、よけいな枝をなくすため、膨張・収縮処理を数回繰り返した後、細線化を行った。処理回数が多すぎると元の情報がまるめられてしまうため注意が必要である。

図7は、二本並びにより密度（空隙）が1割程度

変化した織物欠点例であるが、他にも欠点の種類により特徴的な模様が確認できた。図8にその一例を示す。



試料 モアレ縞
(a) 周期的密度ムラ (×3倍)



試料 モアレ縞
(b) 糸抜け (×5.5倍)

図8 欠点によるモアレ縞変形の一例

④欠点解析

モアレ抽出画像における射影演算処理の結果を図9に示す。濃度断面をある範囲で加算した射影演算処理結果からはピーク点を検出し、ピーク間隔や周期性の有無を計測することにより、糸切れや糸密度ムラなどの欠点の解析に利用が可能であることがわかる。

細線化画像からはモアレ縞の角度や角度変化、モアレ本数、位相のずれなどにより、密度に起因する欠点の解析が可能であることがわかる。図10は、図5の細線化画像からモアレ縞の傾きを差分演算に平滑処理を併用して求めたものである。極大値、極小値をとる位置で密度が大きく変化し

ていることがわかる。

以上、モアレ縞から、モアレ本数、角度、位相のずれ(縞の位連)、モアレの欠如を検討することにより、欠点の特定化が可能と思われる。

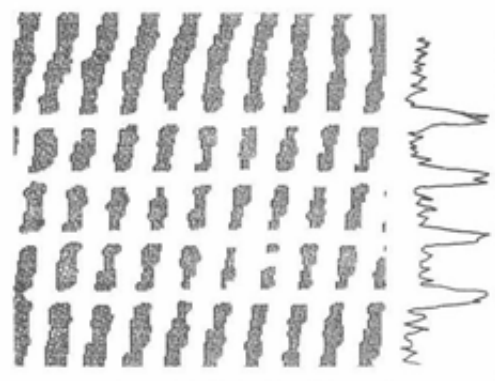


図9 射影演算処理結果

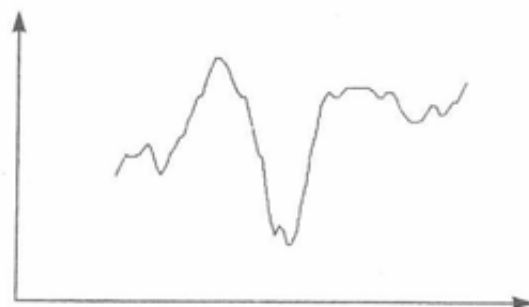


図10 モアレ縞の角度変化

識別の精度及び可能性については、モノフィラメント織物(メッシュ)において入力倍率を検討することによりオープニングエリアが約40%以上ならばメッシュ数にかかわらず、モアレ縞が生成され、欠点解析に利用できることがわかった。モノフィラメント以外の欠点織物についても検討した結果、欠点画像をあらかじめ各種処理しておくことで、糸ムラに関係なく欠点解析が可能であることがわかった。欠点解析に標準偏差などを用いれば、より精度よく対応できると思われる。図11(厚段欠点)に示すように、反射光照明を使用すれば糸と糸の隙間のないような高密度織物(108本/インチ)においてもモアレ縞を生成することができたため、今後照明方法を検討していくことにより様々な織物に対応できると思われる。

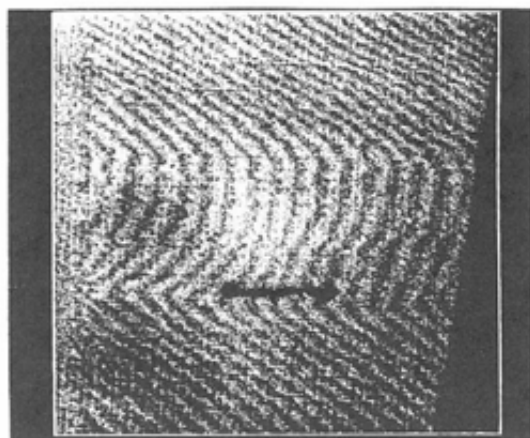


図11 織物のモアレ縞

4.まとめ

今回、外観特徴からの織物欠点分類を通して織物欠点診断システムの一部となる欠点分類プログラムを開発した。また、外観目視からでは判断しにくい欠点（糸ムラか密度ムラかなど）、特に密度

差に起因する欠点を対象にCCDカメラを用いて画像処理アルゴリズムの検討を行い、画像重ね合わせの手法を用いることにより密度欠点検出が可能であることがわかった。この方法は糸1本ごとに画像処理を行うのに比べ、低倍率で広範囲を一度に処理でき、直観的に全体の形状、様子が理解できるという特徴をもつ。密度ムラが顕著に現れることから、特にメッシュや紗など目がそろった織物の欠点検出に有効と思われる。今後は照明方法などを検討しながら透過光照明では解析できない高密度の織物についても検討していく必要がある。

文 献

- 1) 篠原 昭、繊維と工業、3、568（1970）