

# 表面変化織物に関する研究

## —織物規格と表面変化効果の関係解析—

池口達治、都筑秀典

### 要 旨

織物中の糸の断面形状、屈曲構造、表面座標などを測定し、織物を構成する糸の番手や密度が断面形状に及ぼす影響について解析した。この結果から規格と表面の凹凸形状との関係を導き、織物表面変化をシミュレートする手法を構築した。

#### 1 はじめに

平成10年度の研究成果として得られた「組織図から糸の高さを推定する手法」は、多層構造織物など複雑な組織構造の織物の外観を予測する方法として有効であることが確認されている。従来の織物用CADは糸の「浮き・沈み」だけで織柄を表示していたが、糸の「高さ」で織柄を表示することにより多層構造や立体感を表現することが可能となった。ただし番手や密度などの影響は考慮していなかった。

番手や密度が織物表面に及ぼす影響については、経験的知識は蓄積されてはいるものの系統立てて追求した研究報告はない。本研究では番手や密度が織物構造に特に大きく影響を及ぼす箇所として糸の交錯点、すなわち糸が表面から裏面に移行する箇所に注目した。具体的には実際の平織物の断面形状を計測し、番手や密度が断面構造に及ぼす影響やその他表面形状を推定するのに有用な項目を探る実験を行った。

この実験により得られる知見を昨年度研究

成果と組み合わせることにより、織物表面変化をより詳細にシミュレートすることが可能となる。

#### 2 実験方法

##### 2.1 試料

織物を構成する糸の番手や密度が断面形状に及ぼす影響を検討するために、緯糸番手、緯密度が異なる平織物を12種類製織した(表1)。

表1 試料

経糸(梳毛糸)		緯糸(梳毛糸)			織縮率(%)		仕上縮率(%)	
番手 Nm	密度 本/inch	番手 Nm	密度 本/inch	理論 密度比	経	緯	経	緯
2/60	64 2本引込	1/30	40.0	0.7	1.7	7.0	4.5	0.0
			45.7	0.8	2.4	6.7	3.9	-4.3
			51.4	0.9	3.0	3.0	7.1	-3.9
		2/30	30.0	0.7	0.5	9.1	2.5	-3.1
			34.3	0.8	0.5	4.7	4.4	0.0
			38.6	0.9	0.5	8.1	3.8	-7.7
		2/48	36.5	0.7	1.7	8.8	3.2	-5.3
			41.8	0.8	1.7	5.0	3.2	-4.8
			47.0	0.9	3.0	6.0	3.9	-4.2
	2/60	40.0	0.7	2.4	9.1	5.8	-7.3	
		45.7	0.8	3.6	6.7	3.9	-4.3	
		51.4	0.9	4.3	3.0	5.3	-3.9	

## 2. 2 測定方法

織物サンプルを樹脂（非イオン界面活性剤5%、酢酸ビニル樹脂エマルジョン10%、水85%）に浸漬し十分乾燥させ、糸軸に沿ってカットし、マイクロスケール付きの微細構造解析装置（スカラ(株)製）を用いて織物の断面形状を観察、測定した。

測定項目は経糸径、緯糸短径、緯糸長径、隣接する組織点の高低差、隣接する緯糸の中心距離（垂直・水平方向）とし、図1に模式図を示す。

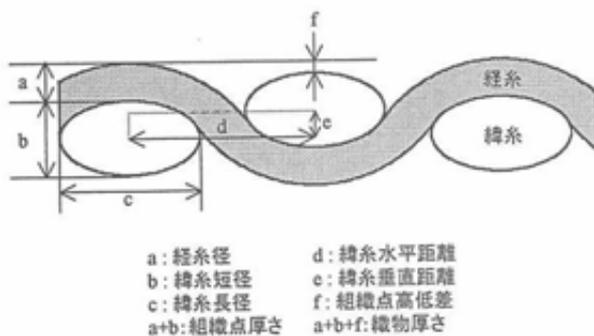
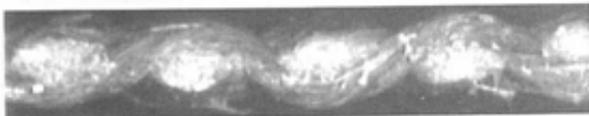


図1 測定項目

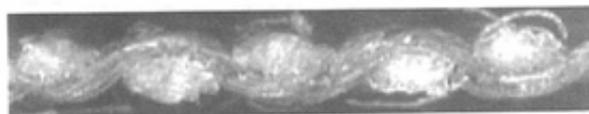
## 3 結果と考察

図2～5に上述した方法で観察した織物断面の写真を示す。

(A) 理論密度比0.7



(B) 理論密度比0.8



(C) 理論密度比0.9

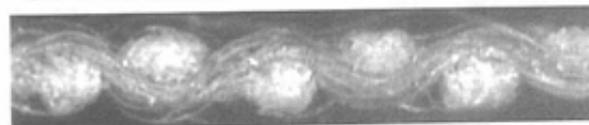
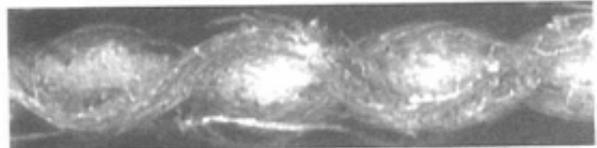
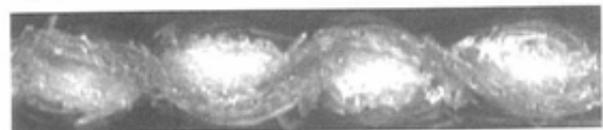


図2 平織物断面写真（経糸2/60、緯糸1/30）

(A) 理論密度比0.7



(B) 理論密度比0.8

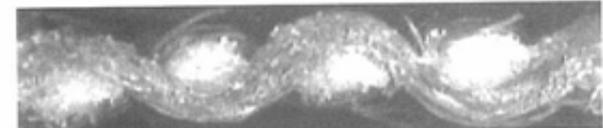


(C) 理論密度比0.9

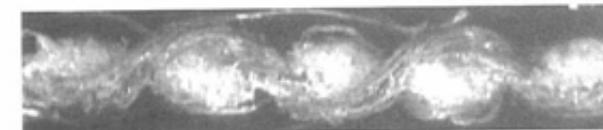


図3 平織物断面写真（経糸2/60、緯糸2/30）

(A) 理論密度比0.7



(B) 理論密度比0.8

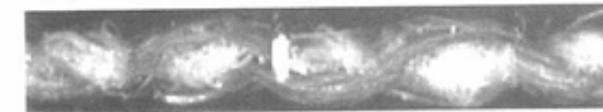


(C) 理論密度比0.9

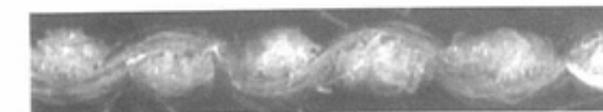


図4 平織物断面写真（経糸2/60、緯糸2/48）

(A) 理論密度比0.7



(B) 理論密度比0.8



(C) 理論密度比0.9

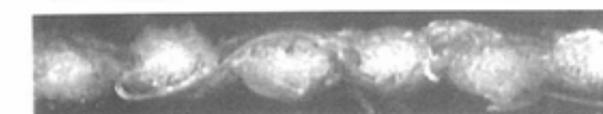


図5 平織物断面写真（経糸2/60、緯糸2/60）

### 3. 1 密度の影響

図6~9に断面形状の測定結果を示す。

緯密度が大きくなるにつれて緯糸長径が減少し、緯糸短径が増加している。また経糸径は減少しているが、経糸の径と緯糸の短径を加算した組織点における厚みはほとんど変化していない。すなわち緯密度が大きくなるにつれて織物断面の垂直方向、水平方向の圧迫が大きくなり、緯糸の断面は楕円形から円形、経糸の断面は円形から楕円形に移行する。

さらに、隣接する緯糸の中心距離を見ると、垂直方向は増加し、水平方向には減少している。すなわち、緯密度が大きくなるにつれて緯糸が密接するとともに経糸の存在により垂直方向には反発し合う。この傾向は断面写真(図2~5)でも確認できる。緯密度が小さいときは緯糸が水平に並び、手前の経糸とともに隣(奥側)の経糸が見えることからわかる

ように、経曲がり構造になっている。一方、緯密度が大きいときは緯糸の中心軸が移動し、緯糸が屈曲しているため隣(奥側)の経糸が見えなくなっており、経緯曲がり構造になっていることがわかる。また、それに伴い隣接する組織点の高さの差がほとんどなくなり、織物の厚さは小さくなっている。

以上の結果をもとに製織可能な範囲における密度と織物構造との関係を図10にまとめた。

経密度と緯密度が同等な場合は理論密度や最充填密度のような構造となり、経糸、緯糸ともに均等な楕円形状の経緯曲がり構造となるが、経密度が大きく、緯密度が小さい場合は緯糸断面の扁平率が増加し、経糸の屈曲率が増加することによって経曲がり構造となる。また経密度が小さく、緯密度が大きい場合は経緯反転させた状態になり、緯曲がり構造となる。

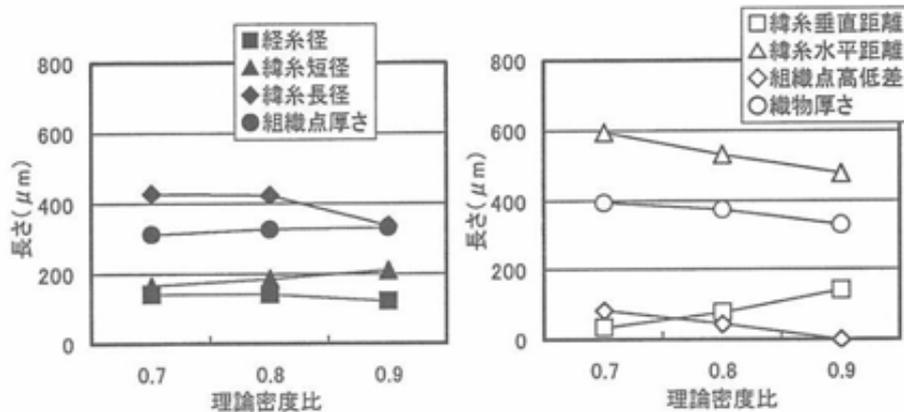


図6 平織物(緯糸1/30)断面形状

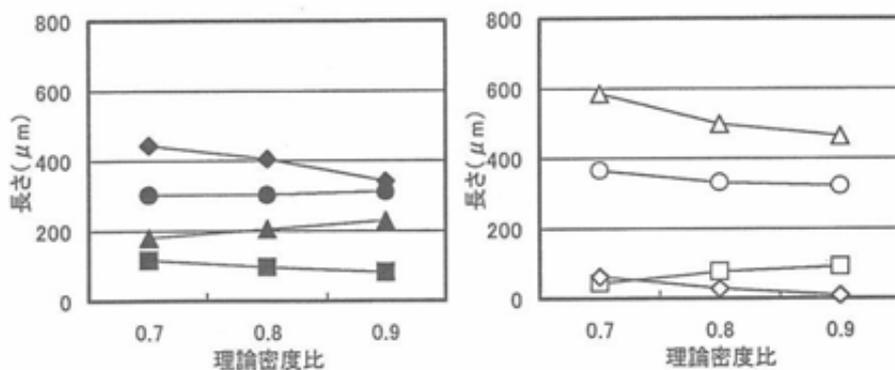


図7 平織物(緯糸2/60)断面形状

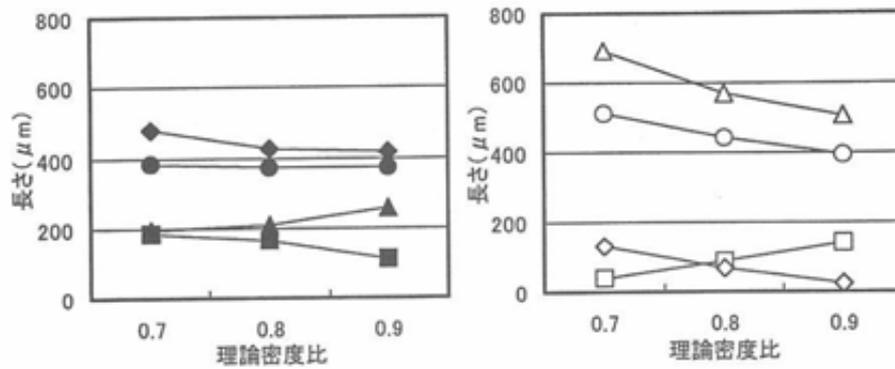


図8 平織物 (緯糸2/48) 断面形状

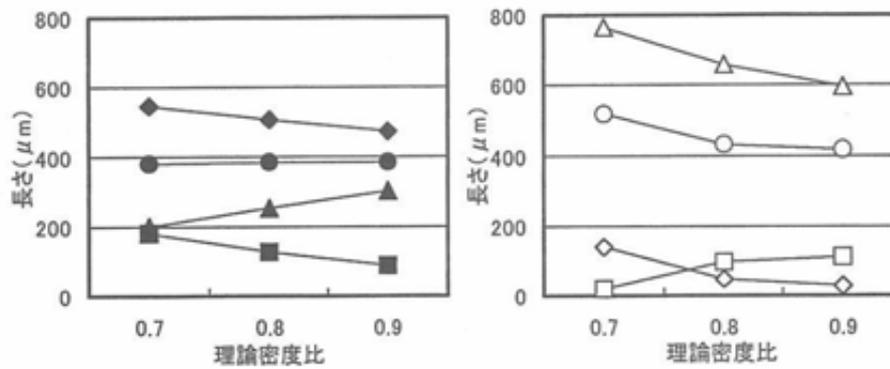


図9 平織物 (緯糸2/30) 断面形状

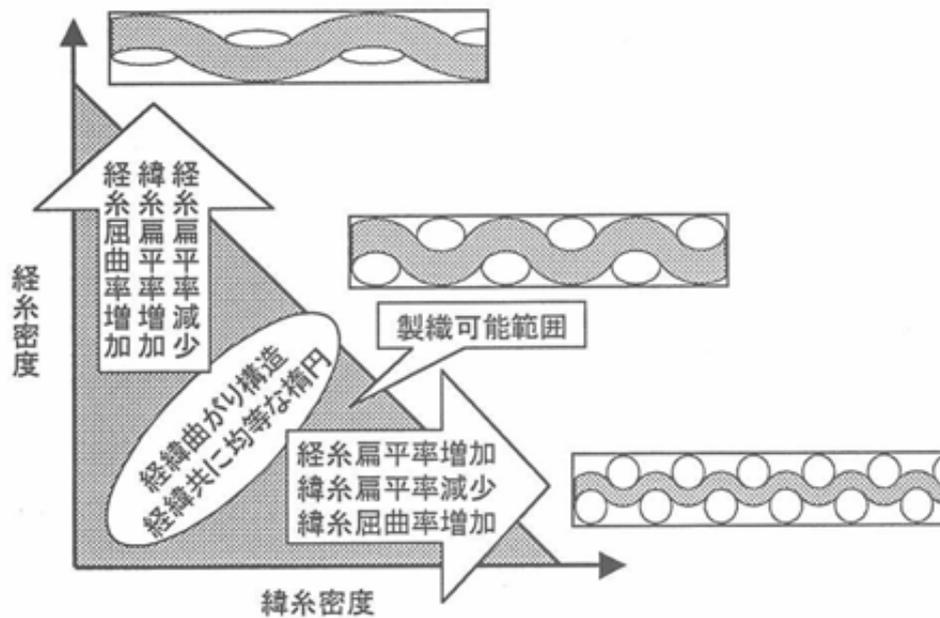


図10 密度と織物構造との関係

### 3. 2 番手の影響

3. 1の結果をもとに緯理論密度比ごとに番手の影響を検討した。

1/30、2/60を比べると、経糸径の違いはあるもののほとんど同じ形状になる。また、

緯糸番手が大きくなるにつれて経糸径はあまり影響されず、織物の厚さが大きくなる。

隣接する緯糸の中心距離を見ると、番手が大きくなるにもかかわらず、垂直方向はほとんど変化なく、水平方向には大きくなる。す

なわち、緯糸の中心軸が水平方向に移動し、経糸の屈曲が大きくなり、隣接する組織点の高さの差はほとんど影響がない。

ここでアッセンハーストが定義する直径数  $D$  (式1) によりそれぞれの緯糸の直径  $d$  (式2) を求め (以下理論直径と記す)、緯糸短径・長径と比較した (図11~13)。

$$D = K_1 \sqrt{840 \times N \times 0.591} \quad (\text{式1})$$

$N$ : 共通式番手、 $K_1$ : 定数(梳毛糸0.9)

$$d = 1/D \quad (\text{式2})$$

その結果、緯糸理論直径は緯糸短径と近い値を示すが、緯密度が小さくなるほどその差は大きくなる。また緯糸長径と比較すると番手が大きくなるにつれて同じような増加傾向を示し、緯密度が大きくなるとその差は小さくなる。

そこで番手と糸長径の関係について解析し、図14にその結果を示す。それぞれの理論密度比ごとの緯糸長径差 (緯糸長径と緯糸理論直径の差) と理論密度比が線形関係にあり、本実験範囲内においては理論密度比と番手から糸長径を推測できる近似式が得られた (式3)。

$$R = -412 \times P + 503 + d \quad (\text{式3})$$

$R$ : 推測糸長径 ( $\mu\text{m}$ )、 $P$ : 理論密度比、  
 $d$ : 理論直径 ( $\mu\text{m}$ )

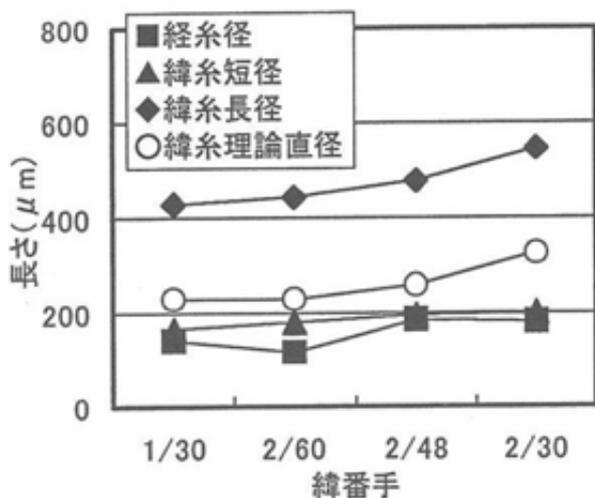


図11 平織物 (理論密度比0.7) 断面形状

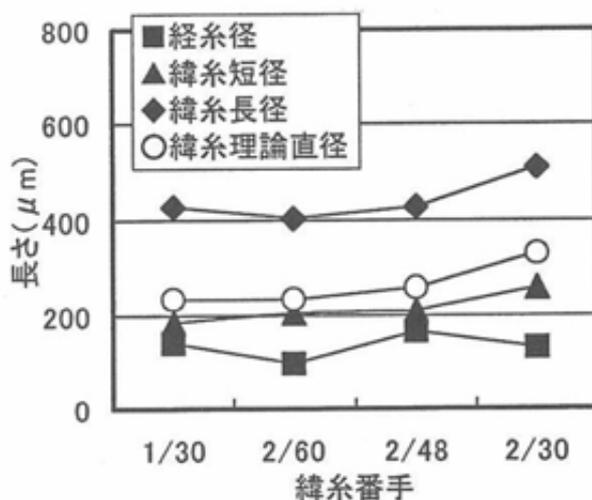


図12 平織物 (理論密度比0.8) 断面形状

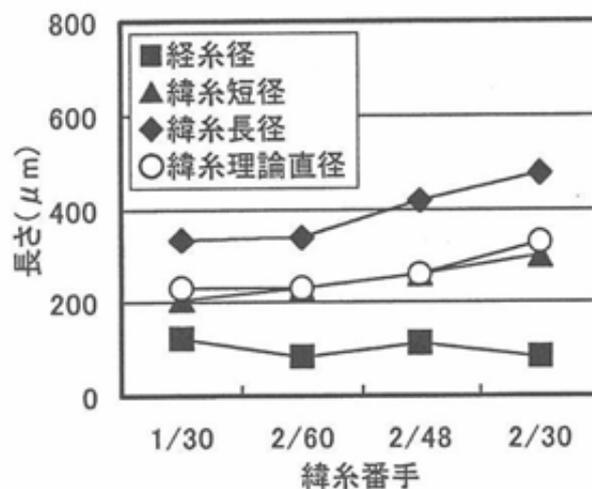


図13 平織物 (理論密度比0.9) 断面形状

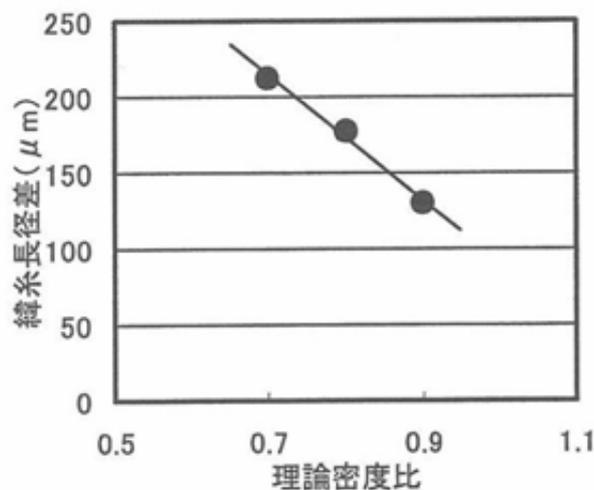


図14 理論密度比と緯糸長径差の関係

## 4 シミュレーション技法

### 4.1 シミュレーションの概要

昨年度の研究により、組織図から組織点における糸の高さを推定する手法が確立されている。この手法では、経緯糸共に均等な楕円断面で経緯曲がり構造の織物を想定しており、図10に示すところの経緯均等な規格だけが対象である。今回の実験により得られた知見は、経緯曲がり構造織物を基準に密度や番手が異なったときに表面形状がどう変化するかを示す有効な手がかりとなる。このため昨年度開発した手法で得られる組織点における糸の高さに、番手と密度による影響の分だけ補正することとした。

表面形状を推定するにあたり全ての実験結果を反映した補正処理が望ましいが、二次元平面上にシミュレートすることを考慮すると製造条件など多くの変数を導入して推測することは現実的ではない。そこで補正効果の高い項目を取捨選択してアルゴリズムに取り入れるようにした。

### 4.2 表面形状の推定手順

表面形状の推定手順は以下の通りである。また、図15にこのフローチャートを示す。

#### (1)組織点高さ

「組織図 (図16)」から組織点周辺の構造状態、浮き糸の長さなどの情報を抽出し、各組織点における糸表面の垂直座標を求める。昨年度構築したアルゴリズムを使用する。

#### (2)経糸軸座標

経糸の中心軸座標 (図17) は、入力値「筈密度 (羽/in)」と「経糸番手 (毛単糸換算番手)」および組織図に入力した筈の「引き込み本数 (本)」から求める。「引き込み本数」と「経糸番手」は部分的に変えることができる。



図15 シミュレーションのフローチャート

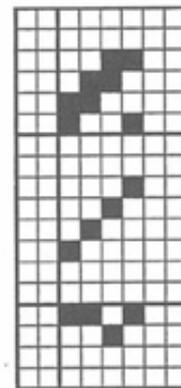


図16 組織及び筈引き込みの入力



図17 経糸軸座標の計算処理結果

### (3)緯糸軸座標

入力値「打ち込み本数 (本/in)」から緯糸中心軸の座標 (図18) を求める。さらに経糸軸座標と緯糸軸座標とが交わる点の座標を求め、組織点座標とする。

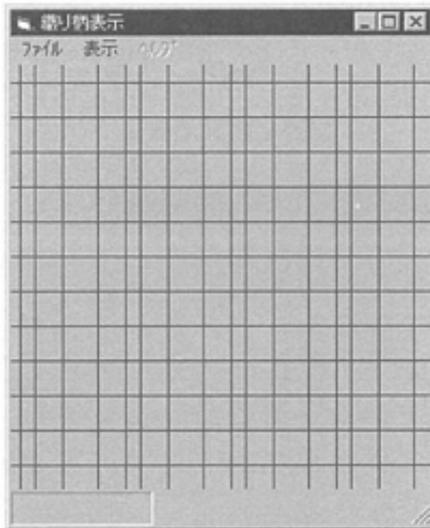


図18 緯糸軸座標の計算処理結果

### (4)番手と密度による補正

実験から得られた知見を元に番手及び密度から織物表面の形状を導くアルゴリズムを構築した。具体例として緯密度による補正処理を取り上げ説明する (図19)。

- ①隣接する組織点との間で交錯があるか判定する。例えば注目する組織点が経浮きの場合、隣接する上下組織点が経沈みであれば交錯があると判定する。
- ②交錯がある場合は、交錯する箇所上下2本の緯糸の中心軸座標と番手から表面座標を求める。このとき緯糸は経緯密度に対応して扁平になっているので表面座標値を補正する。
- ③緯糸表面間の距離を求める。この間の空間を経糸が通って交錯することになる。
- ④交錯箇所における経糸の表面座標を求める。これも扁平になっているので経緯密度に応じて表面座標を修正する。

- ⑤緯糸表面間の距離と経糸の表面座標を比較する。この結果を基に実験により導いた補正処理を用いて織物断面構造を推定し、組織点の高さ値を補正する。

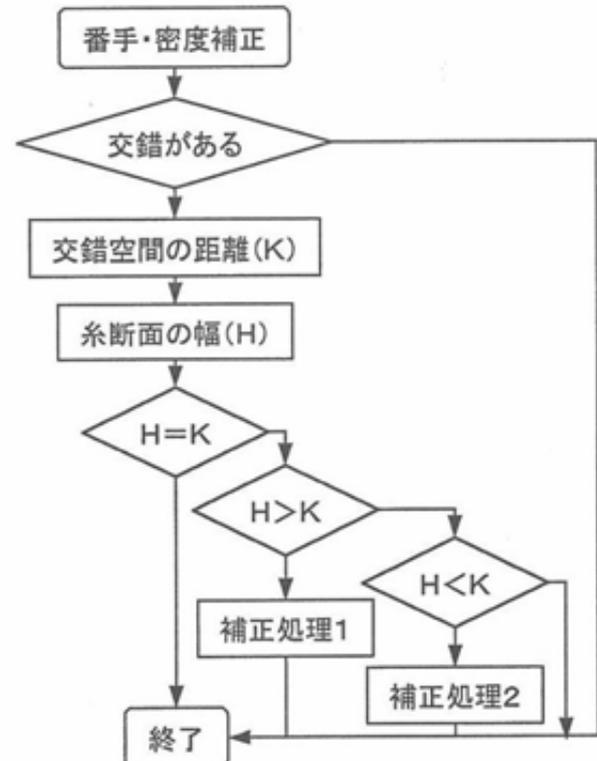


図19 番手と密度による補正処理

### (5)組織点間の補完

上記により組織点における糸表面の高さが得られるので、組織点と組織点の間の糸表面高さを線形方程式で近似的に補完する (図20)。

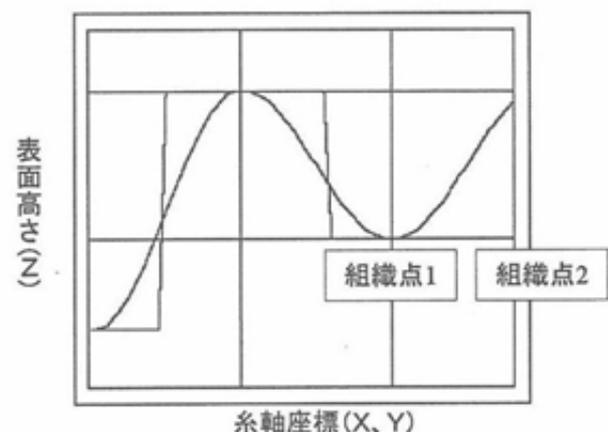


図20 組織点間の高さ補完処理

## (6) 経糸描画

次に述べる陰面消去法(図21)を適用して、経糸軸座標に沿って経糸を描画する(図22)。

3次元空間に定義された織物を構成する糸を2次元の物体像として画面に表示するため、糸の重なりにより見えなくなる面が生じる。このような視点から見えない面を消去して表示しないようにする処理を陰面消去という。

ここで用いた陰面消去法は、画像表示を行うスクリーン上の各画素に対応してその画素の輝度値を記憶する輝度値バッファメモリを用意する。各糸表面が投影される画素の距離バッファメモリには糸表面の高さ値を書き込み、その中で最も高い位置にある糸表面を求める。このときの高さと糸の色から描画に使用する輝度値を求め、それをその画素の描画色とする。実際には以下のようにして行った。

- ①すべての距離バッファメモリの値を0にし、最も遠い距離にあるよう初期化する。
- ②対象とする糸表面上のポイントの高さと対応する画素の距離バッファメモリ内容とを比較する。
- ③糸表面の高さがすでに距離バッファに記憶されている値より大きければ、その面がそれ以前に描画した面より高い位置にある。この場合その高さを新たに距離バッファメモリに記憶させ、別に求めた輝度値で糸表面を描画する。
- ④この判定で着目する画素に対応する糸表面上の高さがすでに記憶されている距離バッファメモリの値より小さければ、その面はそれ以前に描画した面より遠い位置にあるので距離バッファメモリの更新や描画は行わない。

陰面消去法を適用することにより、高密度織物で隣接する糸が重なり合う場合に描画の

順序に関係なく糸の上下関係を反映させることが可能となる。

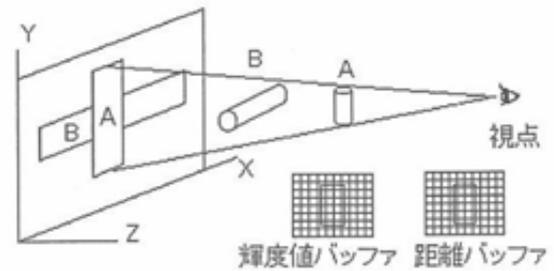


図21 陰面消去法

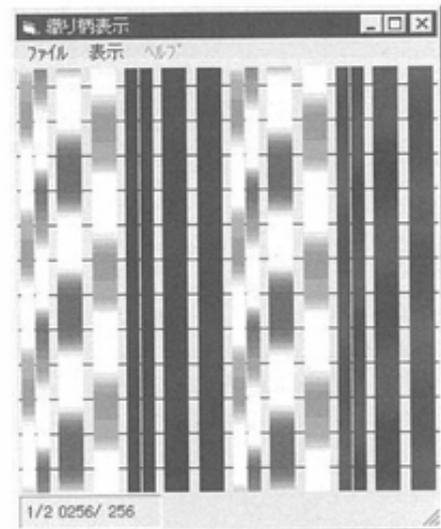


図22 経糸描画

## (7) 緯糸描画

緯糸軸座標に沿って緯糸を描画する(図23)。このときも陰面消去法を適用するので組織図のデータを参照しなくても糸の浮き沈み状態を画像に再現することができる。

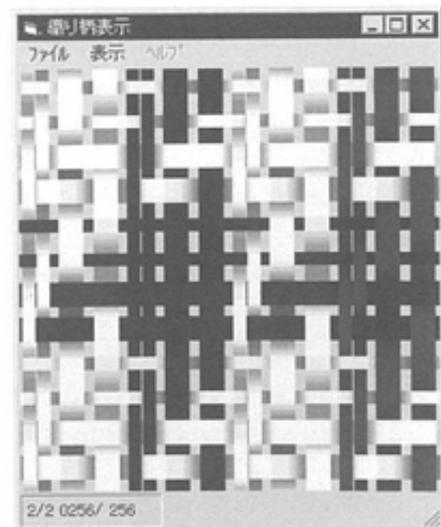


図23 緯糸描画

#### (8)糸表面座標の補完

実際には経糸と緯糸の描画を行う前に糸表面座標を補完する処理を行う。糸の断面形状は密度などに影響され一般的には扁平である。この形状はすでに述べたように理論密度比と理論直径から導くことができるが、ここでは糸断面形状を一律に楕円型として定義し、糸表面座標を線形方程式を適用して近似した上で描画を行った(図24)。

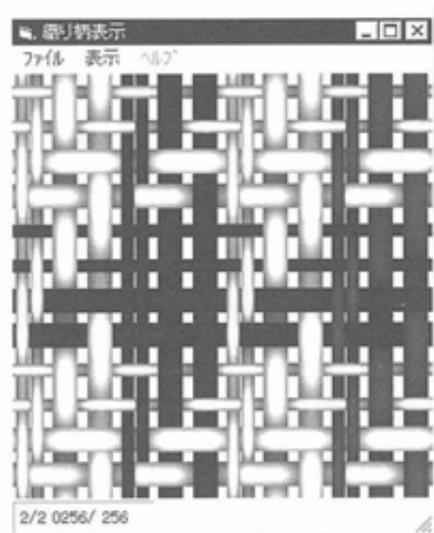


図24 糸表面座標の補完

の糸の部分は高く、細番手でも高密度の部分は屈曲率が高く組織点の高低差が大きくなっている。

#### (2)平二重織

経の別糸で接結した平二重織物を図26に示す。接結糸は細番手であり、表糸より奥に位置する。裏糸はさらに奥の位置にありこれは組織図から導き出される情報である。

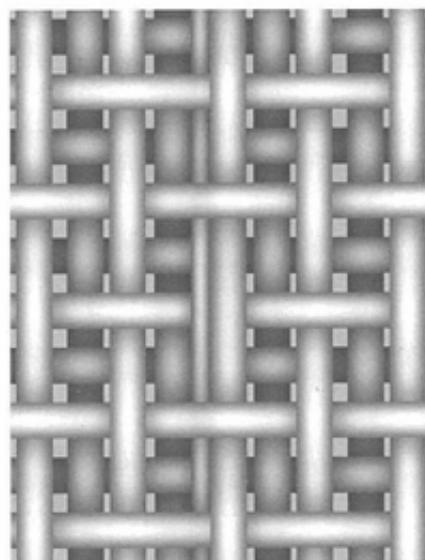


図26 シミュレーション結果  
(平二重織別糸接結)

### 4. 3 シミュレーション結果

#### (1)2/2綾織

番手と密度に差がある織物のシミュレーション例として図25に2/2綾織を示す。太番手

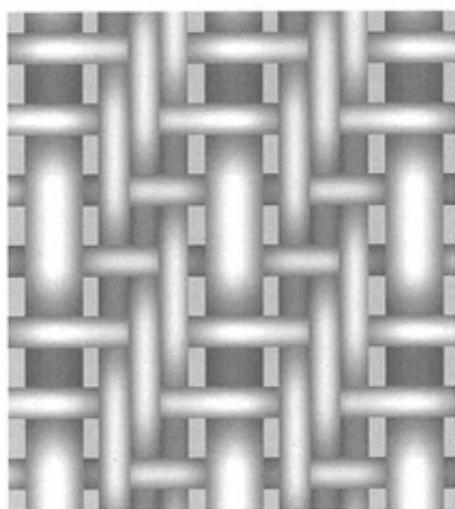


図25 シミュレーション結果  
(2/2綾織 番手密度差)

#### (3)2/2綾二重織

地糸接結の2/2綾二重織を図27および図28に示す。図27は経密度が小さい状態で、裏経糸が表緯糸に接結しているところが見えている。図28は経密度が大きい状態で、接結しているところが表糸に隠れて見えない。

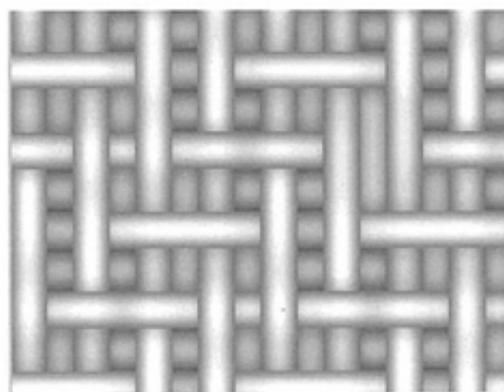


図27 シミュレーション結果  
(2/2綾二重織地糸接結 低密度)

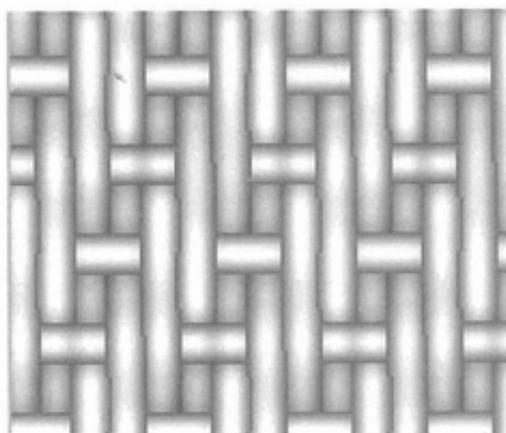


図28 シミュレーション結果  
(2/2綾二重織地糸接結 高密度)

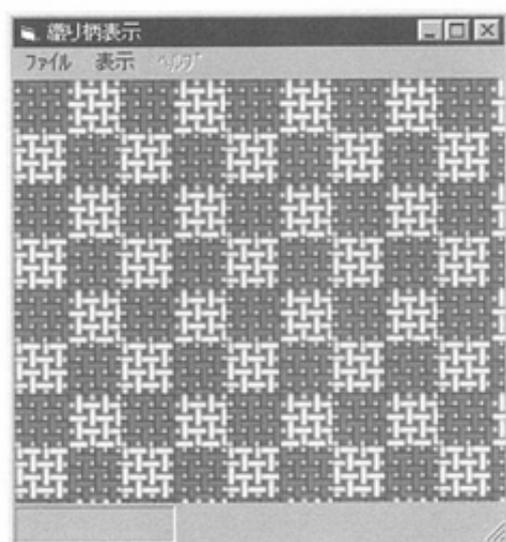


図29 シミュレーション結果 (風通織)

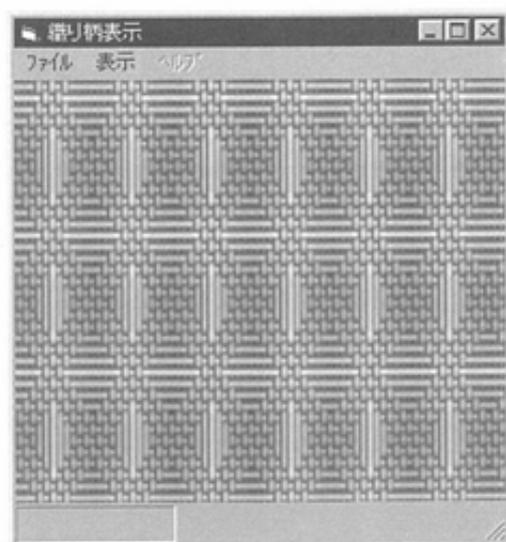


図30 シミュレーション結果 (蜂巢織)

#### (4)風通織

市松模様の風通組織を図29に示す。表糸と裏糸の区別ができない組織でも組織図から糸の高さ情報が得られるので、多層織物を判別することも可能である。

#### (5)蜂巢織

経密度が比較的大きい蜂巢織を図30に示す。隣接する経糸が重なって覆い被さっている。

## 5 おわりに

実験により織物を構成する糸の番手や密度が断面構造に及ぼす影響について明らかにした。この結果から規格と表面の凹凸形状との関係を導き織物表面変化をシミュレートする手法を構築した。

織物表面効果に影響を及ぼす要因は組織や規格だけでなく、製織・仕上条件、素材などがあり、表面効果も高さベクトル方向だけでなく平面ベクトル方向がある。これらについては今後の課題としたい。

## 参考文献

- 1)「基礎繊維工学(Ⅲ) 第2章 織物の幾何学的構造」,(社)日本繊維機械学会編
- 2)「繊維工学(Ⅳ) 布の製造 1.6 織物構造と分解設計」,(社)日本繊維機械学会編
- 3)服部:テキスタイル&ファッション, VOL.11, No.8
- 4)池口, 都筑:テキスタイル&ファッション, VOL.16, No.4
- 5)村上伸一:コンピュータグラフィックスの基礎理論, 東京電気大学出版局