

# 表面変化織物に関する研究

## —組織構造による表面効果の解析—

池口達治、都筑秀典

### 要 旨

組織が織物表面の凹凸形状に及ぼす影響について調べるため、織物表面の形状を測定する方法を開発し、組織構造と表面変化との関係を明らかにした。さらに、組織図から織物表面の形状を予測し画像表示するソフトウェアを開発した。

### 1. はじめに

模紗織や蜂巢織のように外観の差別化を図った織物ばかりでなく、機能性を付与するための多層構造織物など、複雑な組織構造の織物が占める割合は増加する傾向にある。これに伴い、新しく組織を設計する機会も増加している。

豊富な経験と知識を持つ熟練者は、組織図を一見しただけで織り上がり形状をほぼ予想できる。しかしそういった一握りの熟練者を別にすると、組織図からどんな表面形状に織り上がるのか予測するのは容易ではない。特に凹凸形状を特徴とする組織や多層構造組織は、組織図が複雑であり頭の中だけで織り上がり形状を思い浮かべるようになるにはかなりの熟練を要する。

配色効果を確認するための織物用CADは広く普及しているが、表面形状を画面上で確認できる技術は確立されていない。そのため表面形状に特徴を持つ織物を企画するにあたり、デザイナーのイメージにあった表面効果を得るまで組織を少しづつ変化させ繰り返し試織を行うこともあり、こうした作業に要す

る時間やコストは企業の大きな負担になっている。

この研究では、表面形状のうち組織点の高さ、すなわち凹凸形状に的を絞り、織物の表面形状を測定した結果をもとに組織と表面形状との関係について解析した。さらにこの結果を活用して、組織図から表面形状を予測し、織り上がりシミュレート画像を表示するソフトウェアを開発した。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 試料

組織構造により表面形状が変化する影響を検討するために、凹凸の大きい表面効果を有する模紗織、蜂巢織、飛び斜紋織、梨地織、フランス綾織の5種類の織物を用いた(表1)。

#### 2. 2 表面形状の測定方法

表面形状を三次元表面形状測定システム(図1—a)により測定した。この装置は試料に照射したレーザーの反射光をもとに、ある基準面からの試料の高さを測定するものである。2cm四方の窓を開けたアクリル板(以下

表1 測定試料

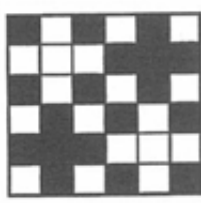
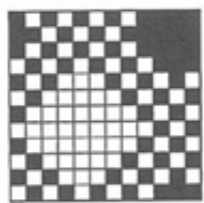
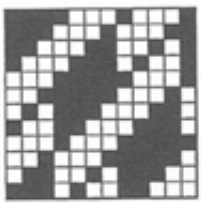
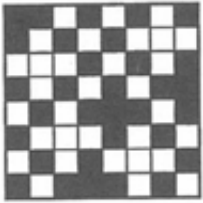
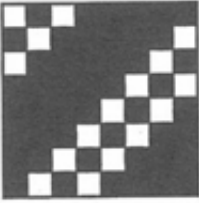
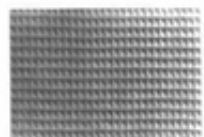
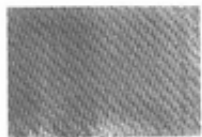
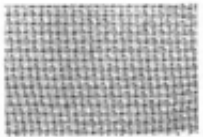
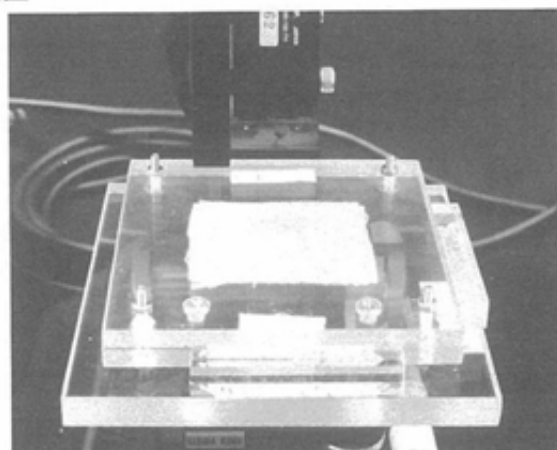
| 試料名             |   | 模紗織                                                                               | 蜂巢織                                                                               | 飛び斜紋織                                                                              | 梨地織                                                                                 | フランス綾織                                                                              |
|-----------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 経糸 <sup>※</sup> |   | 毛・レーヨン 1/30                                                                       | 綿 80/2                                                                            | 梳毛糸 2/72                                                                           | レーヨン 30/1<br>ポリエステル 30D<br>レーヨン・麻 45/1                                              | 梳毛糸 1/30                                                                            |
| 緯糸              |   | 同経                                                                                | レーヨン 120D                                                                         | 同経                                                                                 | 同経                                                                                  | 同経                                                                                  |
| 密度<br>(本/in)    | 経 | 49.5                                                                              | 112                                                                               | 72                                                                                 | 32                                                                                  | 84                                                                                  |
|                 | 緯 | 43                                                                                | 72                                                                                | 61                                                                                 | 34                                                                                  | 54                                                                                  |
| 組織図             |   |  |  |  |  |  |
| 試料外観            |   |  |  |  |  |  |

図1 測定装置



(a) 装置全体



(b) 測定ステージ

サンプルホルダー) で試料を挟み込み固定し、縦、横それぞれ移動可能なX-Yステージ上に設置する (図1—b)。サンプルホルダーを裏返すことにより、試料の表と裏における表面の高さを測定し、測定結果はパソコンに保存する。測定条件 (測定範囲、測定間隔) は組織の大きさにより調整し、次のとおりである。

測定器：シグマ光機(株)製

測定範囲：5×5～10×10mm

測定間隔：0.025～0.05mm

### 2. 3 データ処理方法

得られた測定データをCSV形式に変換し、開発したソフトウェア (図2) を用いて256段階の濃淡画像として画面に表示した。この画像は高い位置にあるものほど明るい階調で表示するので、試料の糸構造が判別できる。画像上で組織点に相当する箇所をマウスで指定すると、組織点周辺の高さの平均値が得られる。平均値を計算するときのデータ数は3×3、5×5のように任意に決められる。この作業を繰り返し、複数箇所の組織点から得た値を平

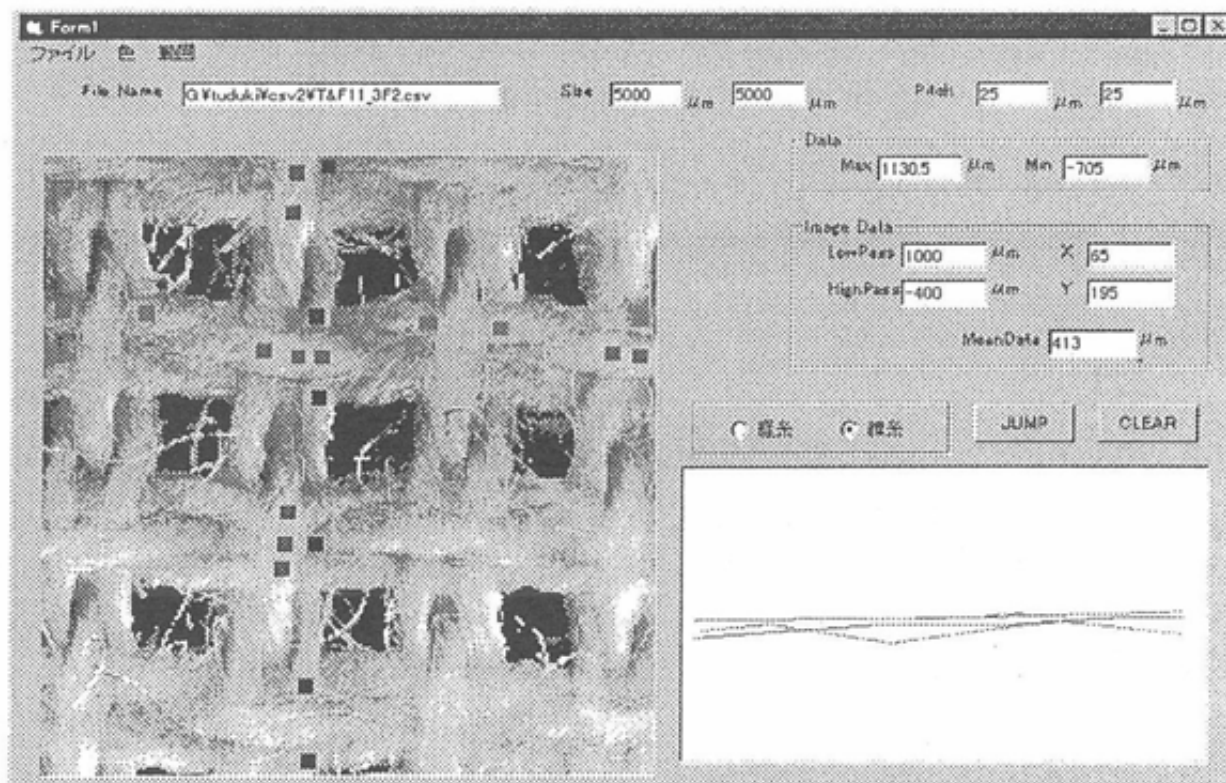


図2 測定画面

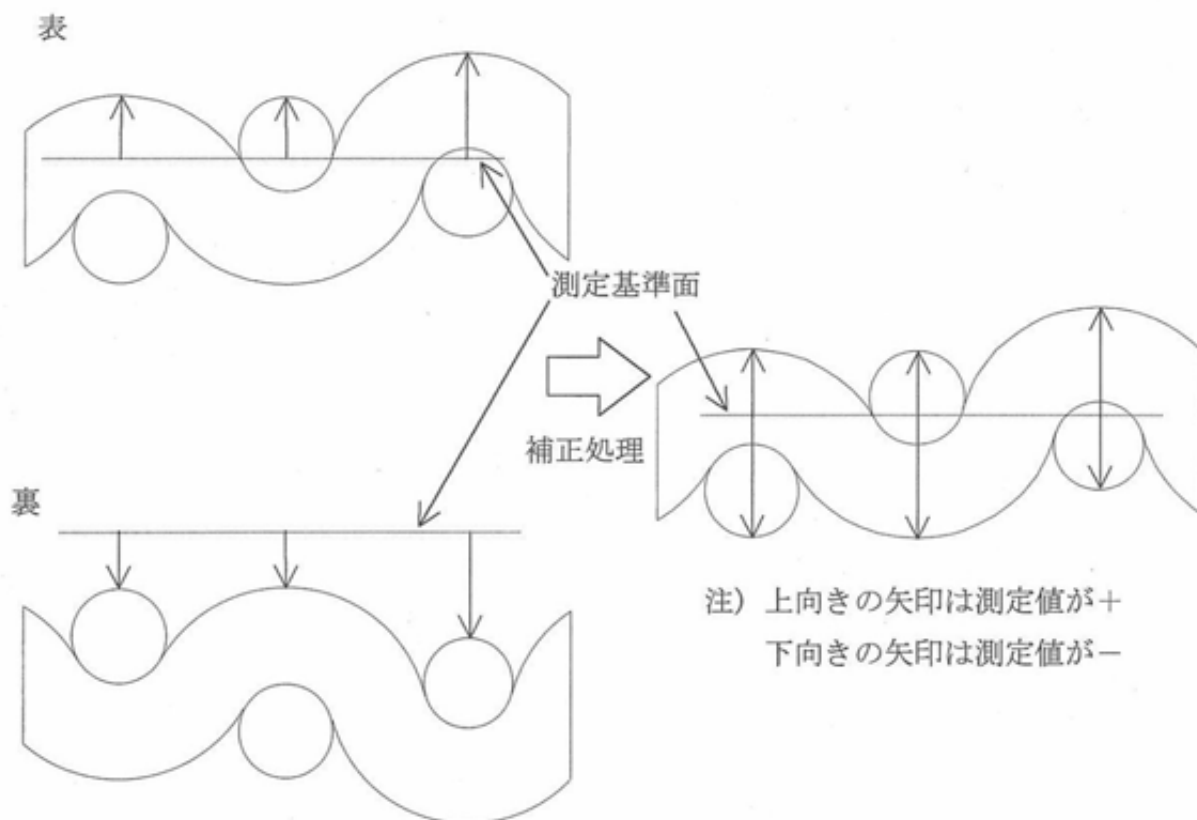


図3 測定模式図

均して、一循環組織図に合わせた高さデータ表を作成した。

この作業は表、裏の測定結果についてそれぞれ行うが、裏については測定時のサンプル

ホルダーを裏返すことにより生じる機械的誤差の補正処理を行った。この処理を行うことにより、片側から見た表、裏の組織点における高さデータが得られる (図3)。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 測定結果 (模紗織)

図4. a、bに模紗織の表 (浮き)、裏 (沈み (裏側)) の高さデータを示し、さらにそれぞれの差から各組織点の厚さ (図4. c) を求めた。その結果、表、裏の3本浮きが交差する組織点における算出した厚さ (707、712 $\mu\text{m}$ ) は平織部分の組織点の厚さ (568、585 $\mu\text{m}$ ) よりも大きい値を示している。これは浮きの長さが長い部分では浮き糸と沈み糸とが接していないと予測される。

そこで、沈み糸の表側の形状を解析するために、各組織点の厚さの最小値の半分を糸径とし、全裏の高さデータ (沈み (裏側)) をそ

の糸径分だけ上方へシフトさせた値を沈み糸の表側の高さ (図5) とし、その結果を図4. dに示す。ここでは厚さの最小値を示す組織点では浮き糸と沈み糸が密接し、糸径が全て同じであると仮定している。

また試料により基準面が異なるため、高さを相対的に比較するために、浮きのデータと沈み (表側) のデータを10段階の階層レベルに変換した (図6)。

その結果、経糸及び緯糸の浮きの長さが長いほど高さが高くなり、平織のように浮き沈みが交互になっている部分では低くなる。これは浮き糸、沈み糸とも同様であり、各組織点の高さは組織点周辺の糸の浮き沈み状態の

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 331 | 278 | 331 | 323 | 381 | 323 |
| 407 | 423 | 407 | 284 | 387 | 284 |
| 331 | 278 | 331 | 323 | 381 | 323 |
| 323 | 381 | 323 | 331 | 278 | 331 |
| 284 | 387 | 284 | 407 | 423 | 407 |
| 323 | 381 | 323 | 331 | 278 | 331 |

(a) 浮き

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| -237 | -295 | -237 | -263 | -201 | -263 |
| -210 | -284 | -210 | -305 | -324 | -305 |
| -237 | -295 | -237 | -263 | -201 | -263 |
| -263 | -201 | -263 | -237 | -295 | -237 |
| -305 | -324 | -305 | -210 | -284 | -210 |
| -263 | -201 | -263 | -237 | -295 | -237 |

(b) 沈み (裏側)

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 568 | 573 | 568 | 585 | 583 | 585 |
| 617 | 707 | 617 | 590 | 712 | 590 |
| 568 | 573 | 568 | 585 | 583 | 585 |
| 585 | 583 | 585 | 568 | 573 | 568 |
| 590 | 712 | 590 | 617 | 707 | 617 |
| 585 | 583 | 585 | 568 | 573 | 568 |

(c) 厚さ

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 47  | -11 | 47  | 21  | 83  | 21  |
| 74  | 0   | 74  | -22 | -41 | -22 |
| 47  | -11 | 47  | 21  | 83  | 21  |
| 21  | 83  | 21  | 47  | -11 | 47  |
| -22 | -41 | -22 | 74  | 0   | 74  |
| 21  | 83  | 21  | 47  | -11 | 47  |

(d) 沈み (表側)

図4 組織点の高さ及び厚さ (模紗織/ $\mu\text{m}$ )

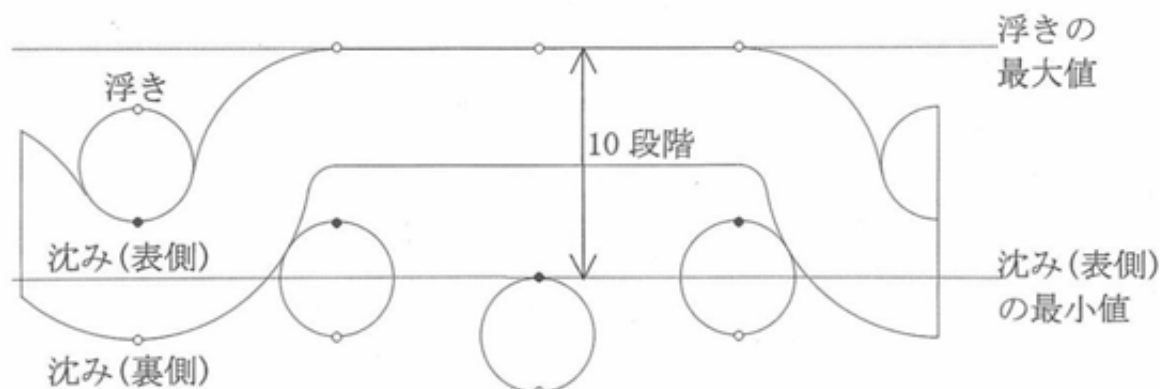


図5 階層模式図

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 8  | 7  | 8  | 8  | 9  | 8  |
| 10 | 10 | 10 | 7  | 9  | 7  |
| 8  | 7  | 8  | 8  | 9  | 8  |
| 8  | 9  | 8  | 8  | 7  | 8  |
| 7  | 9  | 7  | 10 | 10 | 10 |
| 8  | 9  | 8  | 8  | 7  | 8  |

(a) 浮き

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 |

(b) 沈み (表側)

図6 組織点の高さ階層レベル (模紗織)

影響を受けることがわかる。例えば経浮きの組織点の場合、組織図において上下が緯浮きであれば、その組織点は下方向へ押さえ込まれる力が働き、高さとしては低くなり、また左右が緯浮きであれば、その組織点は上方向へ持ち上げられる力が働き、高さとしては高くなると考えられる。

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 6  | 5  | 6  | 4  | 5  | 4  | 6  | 5  | 6  | 7  | 9  | 7  |
| 5  | 4  | 4  | 5  | 3  | 5  | 4  | 4  | 5  | 6  | 9  | 6  |
| 6  | 5  | 6  | 4  | 5  | 4  | 6  | 5  | 6  | 7  | 9  | 7  |
| 6  | 7  | 5  | 6  | 5  | 6  | 5  | 7  | 6  | 7  | 8  | 7  |
| 8  | 7  | 8  | 6  | 6  | 6  | 8  | 7  | 8  | 7  | 8  | 7  |
| 8  | 8  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 8  | 8  | 9  | 8  | 9  |
| 9  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 9  | 8  | 10 | 8  |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9  | 10 |
| 9  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 9  | 8  | 10 | 8  |
| 8  | 8  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 8  | 8  | 9  | 8  | 9  |
| 8  | 7  | 8  | 6  | 6  | 6  | 8  | 7  | 8  | 7  | 8  | 7  |
| 6  | 7  | 5  | 6  | 5  | 6  | 5  | 7  | 6  | 7  | 8  | 7  |

(a) 浮き

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 2 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 |
| 5 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 6 | 4 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 6 | 7 |
| 5 | 5 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 5 | 3 | 5 |
| 3 | 2 | 3 | 2 | 0 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |

(b) 沈み (表側)

図7 組織点の高さ階層レベル (蜂巢織)

|   |    |    |    |   |    |    |    |   |    |    |    |
|---|----|----|----|---|----|----|----|---|----|----|----|
| 9 | 9  | 9  | 6  | 6 | 7  | 8  | 10 | 9 | 8  | 8  | 8  |
| 9 | 9  | 8  | 7  | 8 | 8  | 9  | 9  | 9 | 8  | 8  | 9  |
| 9 | 9  | 8  | 9  | 9 | 9  | 10 | 8  | 8 | 7  | 6  | 9  |
| 9 | 9  | 9  | 9  | 9 | 10 | 10 | 7  | 7 | 7  | 7  | 10 |
| 9 | 8  | 8  | 8  | 9 | 9  | 9  | 6  | 6 | 7  | 8  | 10 |
| 9 | 8  | 8  | 9  | 9 | 9  | 8  | 7  | 8 | 8  | 9  | 9  |
| 8 | 7  | 6  | 9  | 9 | 9  | 8  | 9  | 9 | 9  | 10 | 8  |
| 7 | 7  | 7  | 10 | 9 | 9  | 9  | 9  | 9 | 10 | 10 | 7  |
| 6 | 7  | 8  | 10 | 9 | 8  | 8  | 8  | 9 | 9  | 9  | 6  |
| 8 | 8  | 9  | 9  | 9 | 8  | 8  | 9  | 9 | 9  | 8  | 7  |
| 9 | 9  | 10 | 8  | 8 | 7  | 6  | 9  | 9 | 9  | 8  | 9  |
| 9 | 10 | 10 | 7  | 7 | 7  | 7  | 10 | 9 | 9  | 9  | 9  |

(a) 浮き

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 |
| 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 |

(b) 沈み (表側)

図8 組織点の高さ階層レベル (飛び斜紋織)

### 3. 2 測定結果 (蜂巢織、飛び斜紋織、梨地織、フランス綾織)

その他の試料を測定し、3. 1と同様な手法で階層レベルに変換した結果を図7～10に示す。

蜂巢織 (図7. a) のように緯糸の浮き数が9、7、5、3、1と減少するにつれて高さレベルも段階的に減少し、経糸についても同様の傾向が見られる。しかし、浮きの短い平織部分でも、長い緯浮きと経浮きが交差する部分では高いレベル値 (9～10) を示し、長い浮きに影響されていることがわかる。沈み糸 (図7. b) についてもレベル値としては大小反転するが、同様の傾向が見られる。

|   |   |    |   |   |   |   |   |
|---|---|----|---|---|---|---|---|
| 7 | 5 | 6  | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 |
| 9 | 6 | 7  | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 |
| 8 | 8 | 8  | 8 | 8 | 8 | 7 | 9 |
| 7 | 6 | 7  | 7 | 8 | 7 | 6 | 8 |
| 7 | 6 | 5  | 6 | 7 | 6 | 6 | 8 |
| 8 | 9 | 10 | 9 | 8 | 6 | 7 | 8 |
| 7 | 8 | 6  | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 |
| 7 | 6 | 6  | 8 | 6 | 7 | 7 | 8 |

(a) 浮き

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |

(b) 沈み (表側)

図9 組織点の高さ階層レベル (梨地織)

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 6  | 9  | 6  | 8  | 10 | 10 | 10 | 8  |
| 9  | 6  | 8  | 10 | 10 | 10 | 8  | 6  |
| 6  | 8  | 10 | 10 | 10 | 8  | 6  | 9  |
| 8  | 10 | 10 | 10 | 8  | 6  | 9  | 6  |
| 10 | 10 | 10 | 8  | 6  | 9  | 6  | 8  |
| 10 | 10 | 8  | 6  | 9  | 6  | 8  | 10 |
| 10 | 8  | 6  | 9  | 6  | 8  | 10 | 10 |
| 8  | 6  | 9  | 6  | 8  | 10 | 10 | 10 |

(a) 浮き

|   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 5 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 5 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 5 | 1 | 2 |
| 0 | 0 | 2 | 1 | 5 | 1 | 2 | 0 |
| 0 | 2 | 1 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |

(b) 沈み (表側)

図10 組織点の高さ階層レベル (フランス綾織)

また、フランス綾織 (図10) の経糸のレベル値は8-10-10-10-8-1 (沈み) -9-1 (沈み)、緯糸は2-0-0-0-2-6 (浮き) -5-6 (浮き) となっており、経糸のレベル値が緯糸よりも変動が大きいこと示している。これはこの織物が経曲がり構造になっていると推測され、組織の影響だけでなく規格の影響を受けていると思われる。

### 3. 3 表面形状の推測手法

測定した織物表面の高さデータの解析から得られた情報を元に、表面形状を組織図から推測する手法を検討した。表面変化に影響を及ぼす要因として、交錯する糸が組織点を上から押さえつける力、同様に下から持ち上げる力、連続する浮き糸が連携する力、連続する浮き糸の屈曲率低下による糸長のゆとり、浮き糸の分布状態、があると考えられる。

そこで表面形状の推測は、以下に述べる基

礎レベルの算出、浮き数補正、浮き糸分布の補正の3段階で構成することとした。

#### 3. 3. 1 基礎レベルの予測

各組織点の糸の高さは、その周辺の糸の浮き沈み状態の影響を大きく受ける。平織の経浮き点を考えてみると、その左右の組織点はどちらも緯浮きであるので中心に位置する経浮きの組織点を上に持ち上げる作用を及ぼす。上下の組織点は緯浮きであるので中心の経浮きの組織点を下に押し下げる作用を及ぼす。これらの作用を総合すると、押し下げる作用と持ち上げる作用が釣り合って全面的にフラットな表面形状を呈することになる。

一方他の組織、例えば模紗織は、図11に示すように組織点により持ち上げられる作用と押し下げられる作用に差があり表面形状に影響を及ぼしている。

以上のような組織点周辺の浮き沈み状態及

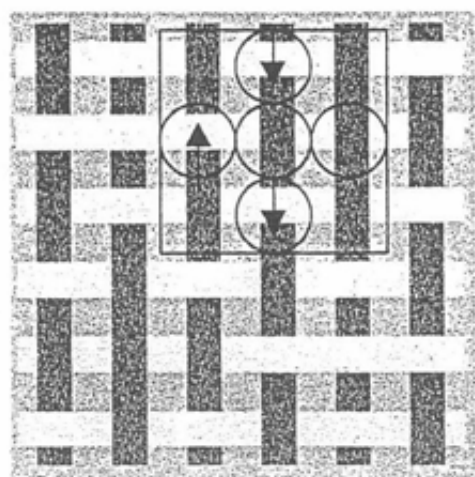


図11 基礎レベルの考え方

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

(a) 組織図

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 0  | -1 | 0  | 0  | 2  | 0  |
| 2  | 2  | 2  | -1 | 2  | -1 |
| 0  | -1 | 0  | 0  | 2  | 0  |
| 0  | 2  | 0  | 0  | -1 | 0  |
| -1 | 2  | -1 | 2  | 2  | 2  |
| 0  | 2  | 0  | 0  | -1 | 0  |

(b) 基礎レベル

図12 基礎レベルの計算処理例

び組織点の高さに及ぼす影響を数値で表現するために、組織点の4近傍（上下左右）の浮き沈み状態を調べ、図12に示すように組織点の高さに及ぼす影響をポイントの合計値として求めた。得られた値 $T(x, y)$ は組織点間の相対的な高さを表す一つの指標として扱い、基礎レベルと呼ぶ。

得られた基礎レベル値は測定値と照合し、連続する浮き数が3本以下の織物では表面形状を良好に予測できることを確認した。

### 3. 3. 2 浮き数の影響と補正

連続する浮き数が多い部分ほど組織点が高い位置にあることは経験から明らかである。基礎レベルは各組織点の4近傍だけを調べた結果であるため、4本浮き以上の浮き数を有する組織には対応できない。そこで各組織点の連続する浮き糸数をカウントし、基礎レベルを補正することとした。

浮き数が糸の高さに及ぼす影響は織物断面モデルで検討した<sup>1)2)3)</sup>。Peirceらが各種形状の断面モデルを提唱しているが、ここでは仕上後の織物断面形状に近いといわれているKempのレーストラックモデルを採用した。このモデルは長方形を半円で挟んだ形状で糸断面を表現しており、幾何学的な計算処理が容易である点も特徴である。ここでは糸の伸縮、移動が起きない状態で、浮き数と糸の高さとの関係について求めた。

図13に示すモデルで、

W：糸間距離

L：CE間の糸長

$\theta$ ：交錯点における糸の交錯角度

A：糸断面短辺側の半径相当長

B：糸断面長辺側の半径相当長

e：断面の偏平率

楕円近似の場合一般的に

$$e = (A/B)^{1/2} = 0.79 \dots \dots (1)$$

とすると、

$$W = 2A \tan \theta + 2(B - A)$$

(1)式より

$$W = 2A \tan \theta + 1.2A \dots \dots (2)$$

また、

$$L = 8\pi A (\theta/2\pi) + 2(B - A)$$

(1)式より

$$L = 4A\theta + 1.2A \dots \dots (3)$$

また、

D：1本浮き組織（平織）とN本浮き組織の必要糸長差（余分長）

とすると、

$$\begin{aligned} D &= (N-1)L - \{2L + (N-1)W\} \\ &= (N-1)(L-W) \end{aligned}$$

ここで、

$$(L-W) = (3)式 - (2)式$$

$$= 2A(2\theta - \tan \theta) \text{ より}$$

$$D = 2A(2\theta - \tan \theta)(N-1) \dots \dots (4)$$

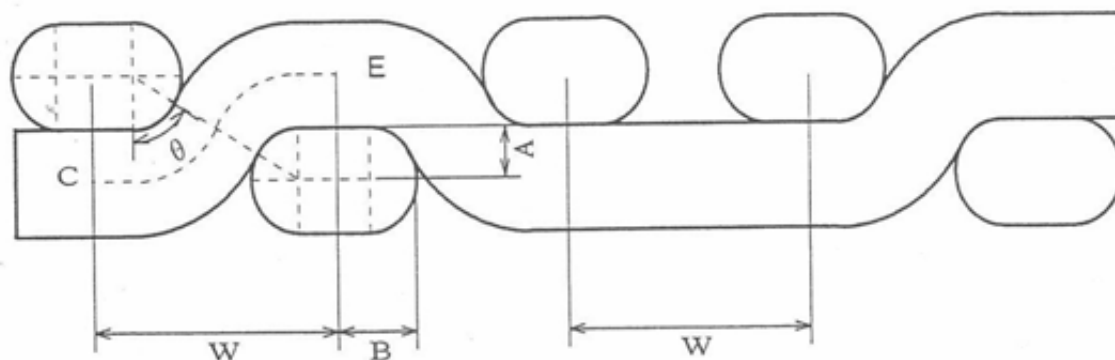


図13 織物断面モデル (kemp, レーストラック型)

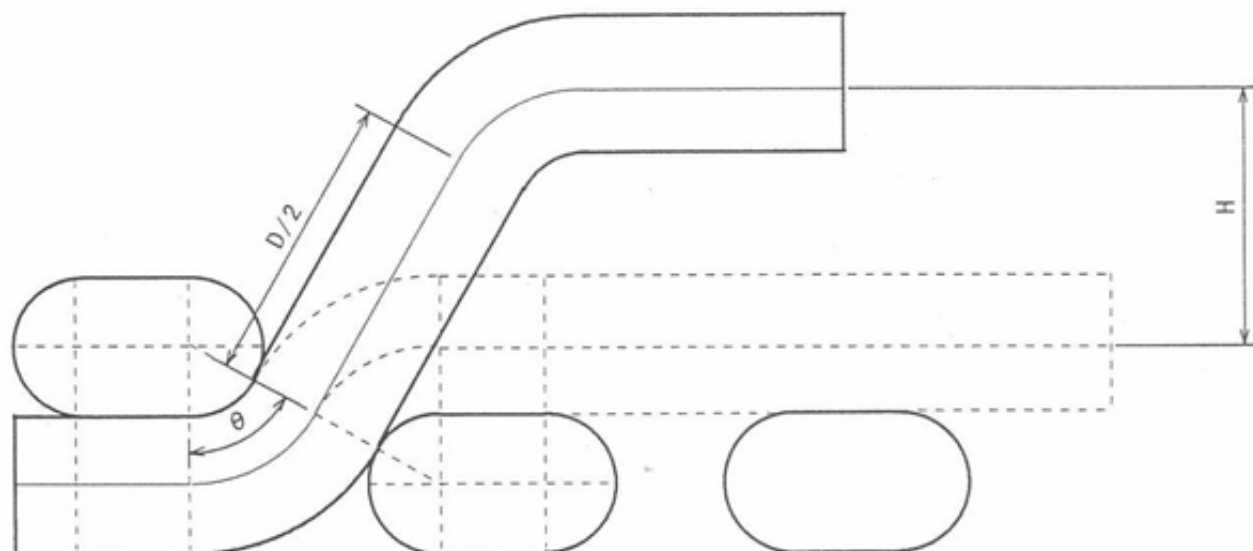


図14 糸の余分長が糸の高さに及ぼす影響

が得られる。

また、余った糸の高さ方向成分Hを図14に示すように、

$$H = D \sin \theta / 2 \cdots \cdots (5)$$

により求められる。

$\theta = \pi/3$ 、糸半径 (A) = 1として (4) 式、(5) 式から得られた値を図15に示す。浮き数の差が及ぼす糸高さへの影響は浮き数に比例し、7~8本浮きでは糸径に相当する高さとなることわかる。実際の織物では糸の伸縮、移動が起きるので計算値との差が生じる。今回は相対的な高さを予測するという目的であるので、この結果を参考に次に述べる浮き数補正を行った。

図16に示すように、一循環の組織図から各組織点における連続する浮き数をカウントす

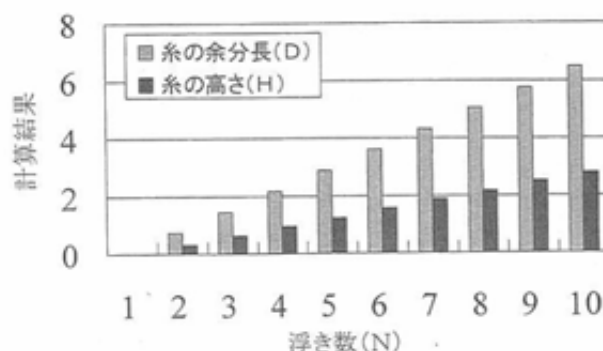


図15 浮き数と糸の高さとの関係

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

(a) 組織図

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

(b) 浮き数

図16 浮き数の計算例

る。連続する浮き数 $F(x, y)$ に応じて、測定結果から導いた換算値を基礎レベル $T_1(x, y)$ に加え、浮き数補正後のレベル $T_2(x, y)$ を求めた。

### 3. 3. 3 浮き糸分布の影響と補正

測定結果から、織物上の浮き糸が均一に分布していないと組織点の高さに影響を及ぼすことがわかった。この現象は蜂巢織で顕著に現れる。図17は蜂巢織の糸構造を表す。矢印の周辺に長い浮き糸が集中的に分布しており、これらの組織点の位置は高くなる。さらにこの影響を受け、これらの延長線が交わる箇所も高い位置に引っ張り上げられる現象が起こ

る。

この現象の補正は組織図の広い範囲で浮き糸の分布状態を調べる必要があり、図18に示すように、経糸、緯糸それぞれの方向に浮き糸をカウントし、その合計数の分布を求めた。

補正値を導くフローチャートを図19に示す。経糸毎にカウントした浮き数 $V_1(x)$ は緯糸数で割り、浮き糸の比率 $V_2(x)$ を求めた。緯糸方向も同様の計算を行い、各組織点で経緯方向の浮き糸の比率を合計し、さらに4近傍の値との平均 $B_2(x, y)$ を求める。この値と測定結果から補正値 $B_3(x, y)$ を決定し、浮き数補正後のレベル $T_2(x, y)$ に加え、組織点高さの推測値 $T_3(x, y)$ を得た。

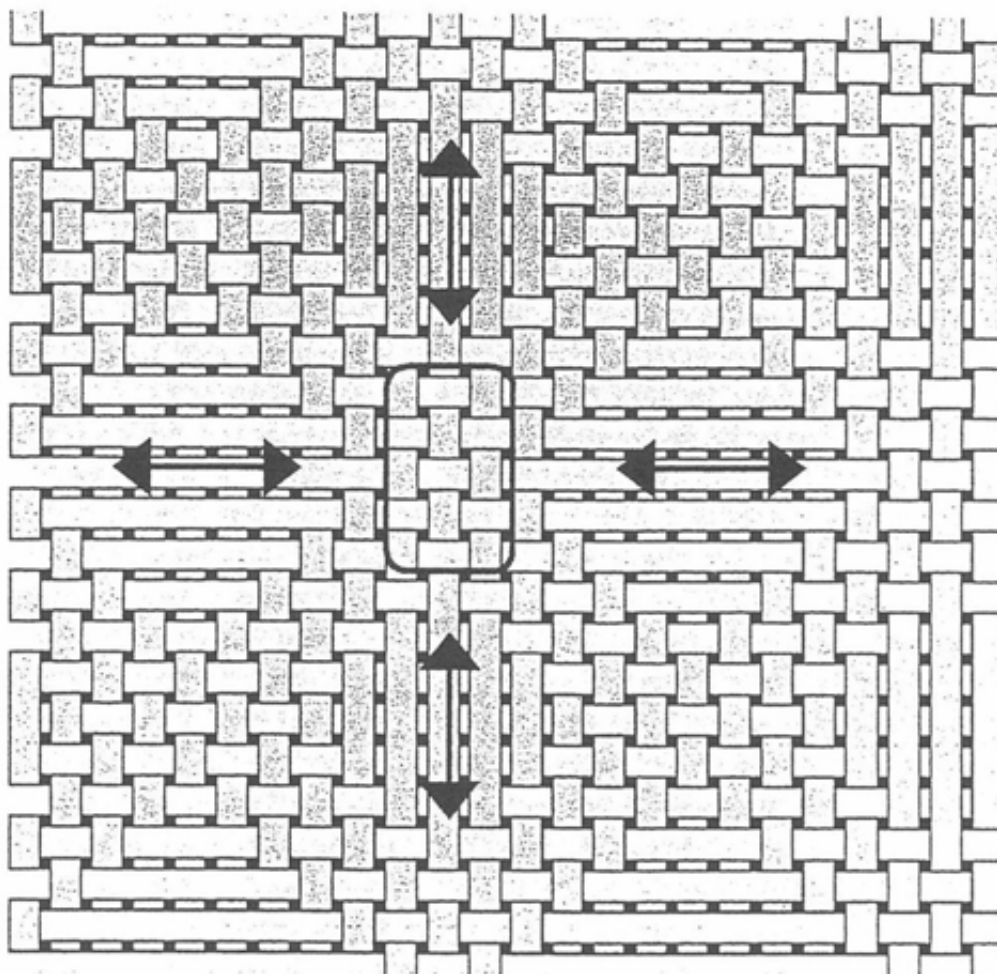


図17 浮き糸分布の影響

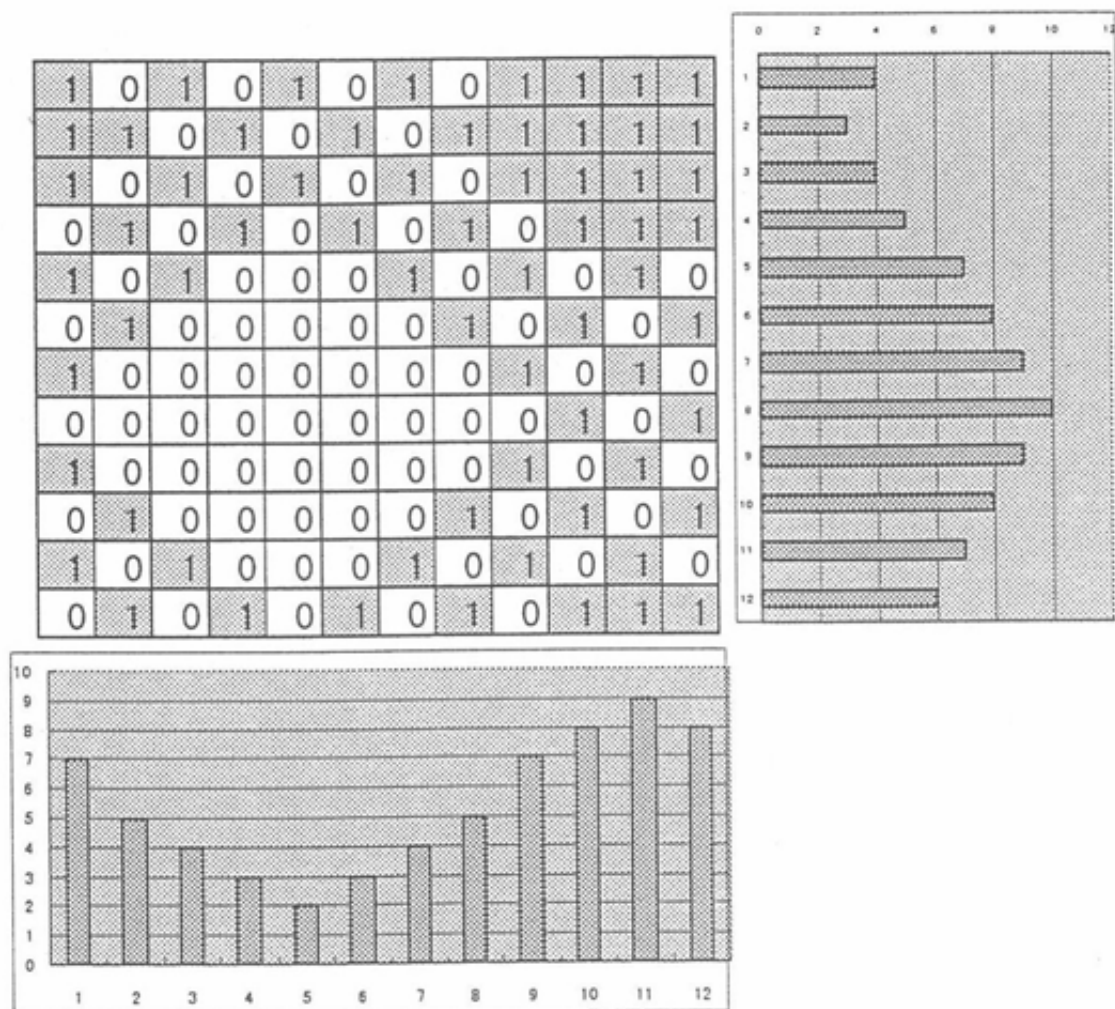


図18 浮き糸分布の計算方法

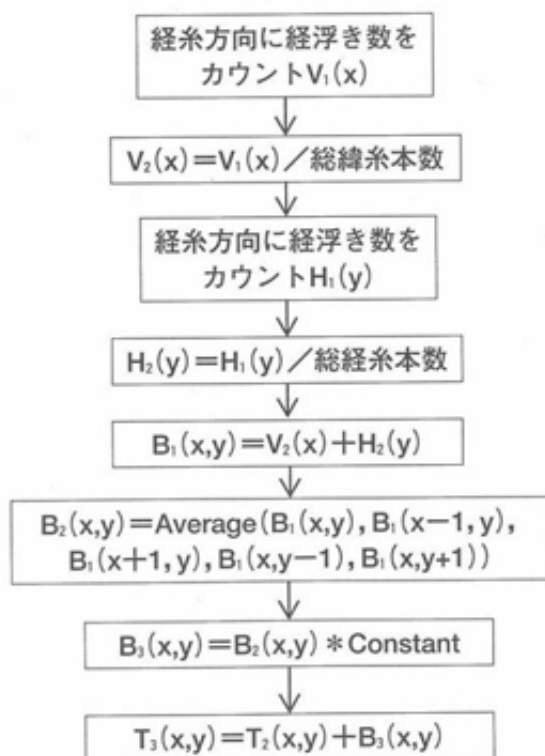


図19 浮き糸分布補正のフローチャート

### 3. 4 推測結果

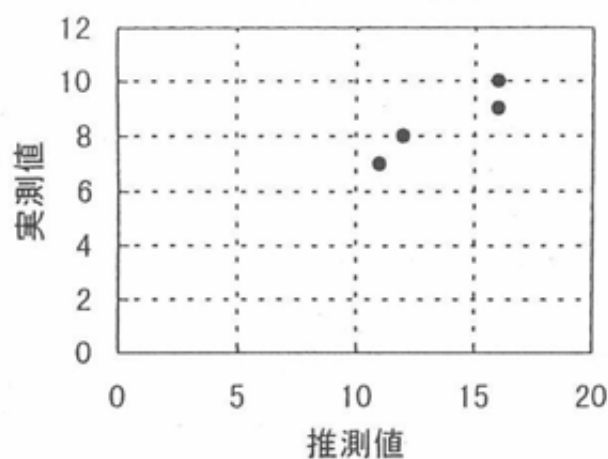
上記推測方法により各試料の組織点の高さを推測した。その結果得られた値 $T_3(x,y)$ と実測値との関係を表す分布図を図20~24に示す。分布図では、推測値と実測値とが右上がりの直線上に分布することが望ましい。相関係数(R)は0~1の範囲の数値であり、1に近いほど右上がりの直線の近くに分布し、推測値が妥当であったことを示す。

表面の推測結果については、すべての試料で相関係数が0.74~0.93の範囲であり、推測値と測定値の相関が高く、推測値が妥当であることがわかる。

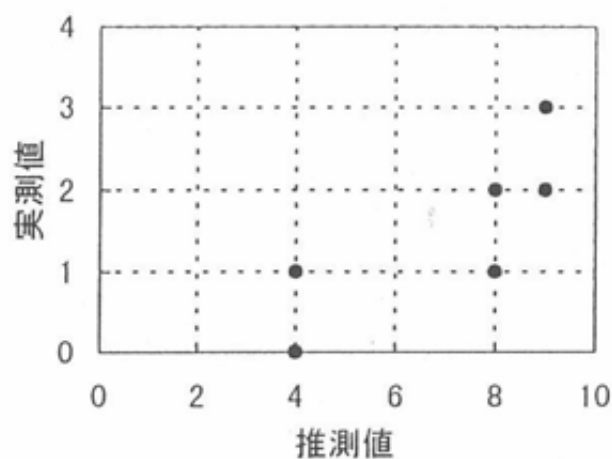
一方、裏糸の推測結果については相関係数が0.50~0.86であり、一部の試料では相関が高いとはいえない。この理由として、裏糸の

表面部分の高さは測定値から推定した値であり、表糸と裏糸とが接触していない組織点などでは糸断面がふくらんだため推定値に誤差

が生じた、と考えられる。この対策は今後の課題としたい。

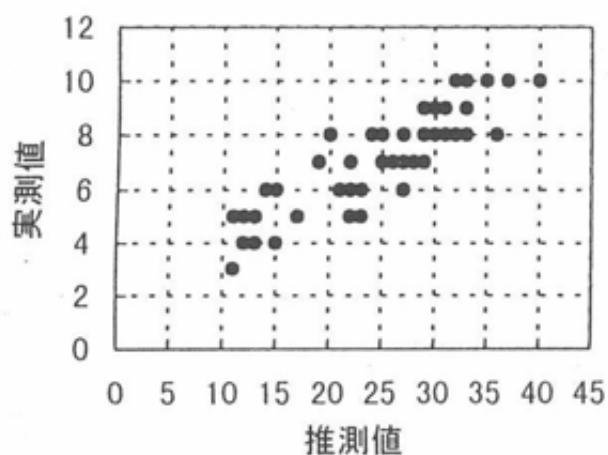


(a) 浮き ( $R=0.93$ )

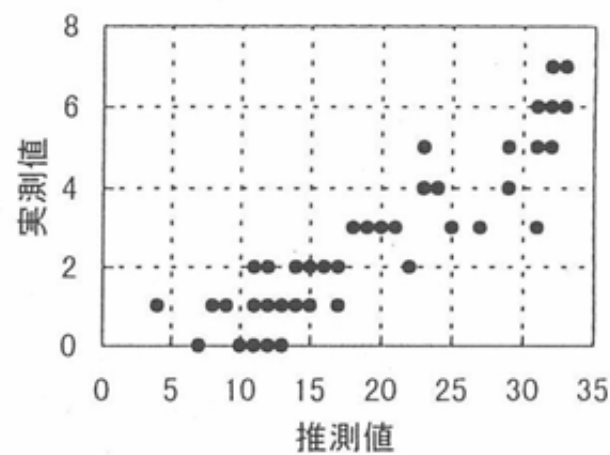


(b) 沈み ( $R=0.77$ )

図20 推測値と実測値の関係 (模紗織)

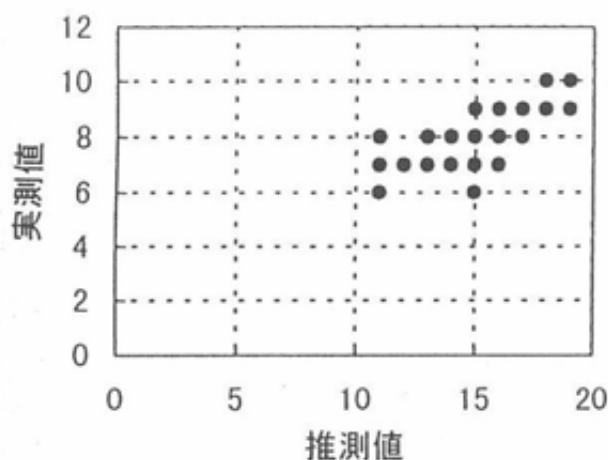


(a) 浮き ( $R=0.85$ )

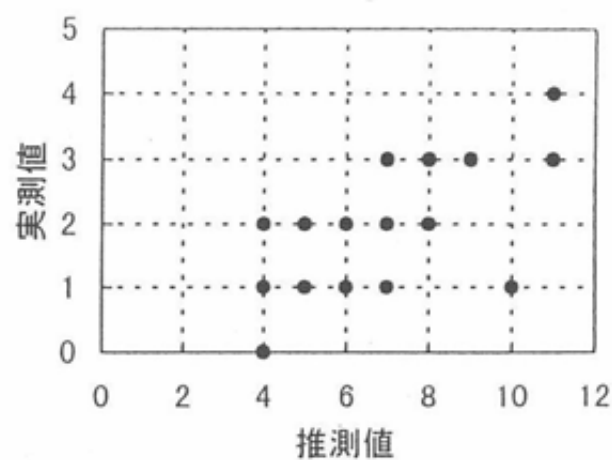


(b) 沈み ( $R=0.86$ )

図21 推測値と実測値の関係 (蜂巢織)

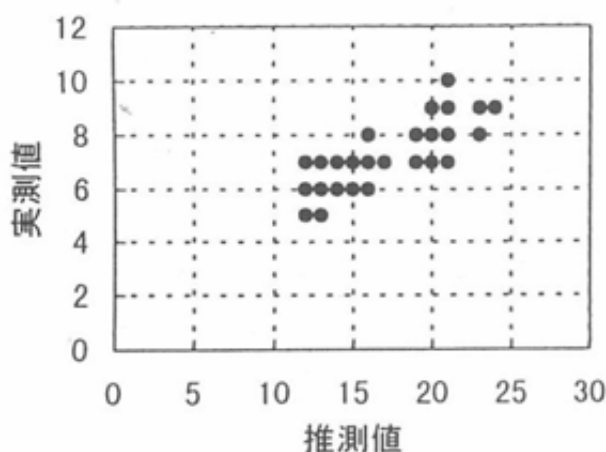


(a) 浮き ( $R=0.78$ )

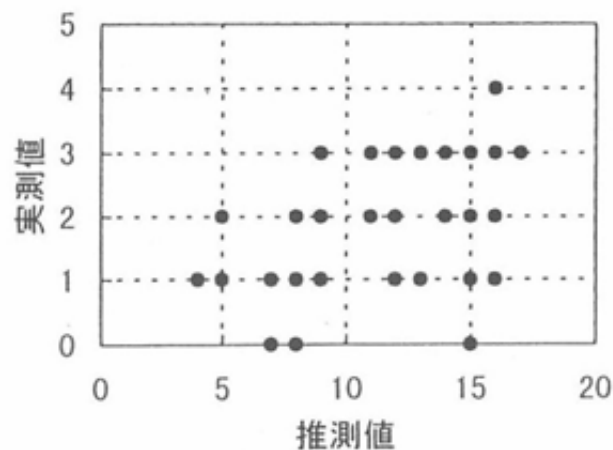


(b) 沈み ( $R=0.63$ )

図22 推測値と実測値の関係 (飛び斜紋織)

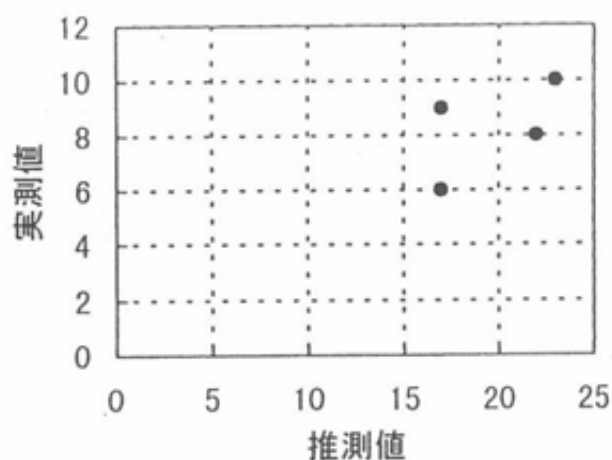


(a) 浮き ( $R=0.79$ )

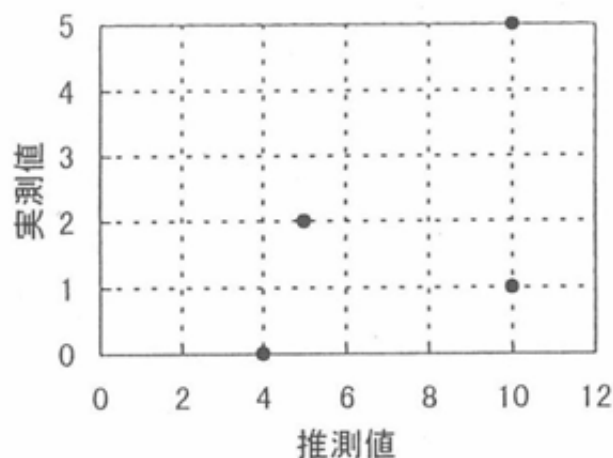


(b) 沈み ( $R=0.50$ )

図23 推測値と実測値の関係 (梨地織)



(a) 浮き ( $R=0.74$ )



(b) 沈み ( $R=0.54$ )

図24 推測値と実測値の関係 (フランス綾織)

### 3. 5 シミュレーション画像の作成

基礎レベルに浮き数補正及び浮き糸分布補正を加えた表面形状の推測方法は、実物の凹凸形状とよく似た形状を示す数値を得ることができたので、この技術を活用した表面形状をシミュレートするソフトウェアを開発した。

このソフトウェアはWindows95/98で動作し、組織図を入力すると各組織点の高さ形状を計算して求め、得られた高さレベルを明暗画像に変換し描画するものである。

実験試料のシミュレート結果の一部を図25～28に示す。糸の横移動情報と密度に関する情報が含まれていないので実物どおりとはいえないが、凹凸形状に限って見れば実物の形

状が再現された。

しかし、フランス綾織では経浮き部分が実物と異なっている。実物は5本浮き部分と1本浮き部分がおなじレベルの高さであるのに対して、シミュレーションでは5本浮き部分の方が高くなるという結果が得られた。この理由として、実験に用いた試料は、上記のように経曲がり構造であること、糸の高い部分ほど仕上工程の圧縮効果を大きく受けて高さが抑えられたのではないかと考えられる。

織物の表面形状に影響する要因は非常に多く、そのすべてを包括したシミュレートは困難ではあるが今後の課題としたい。

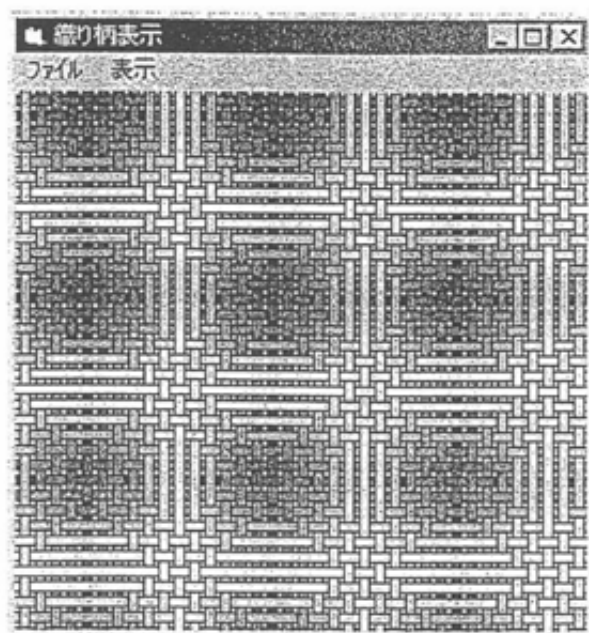


図25 シミュレート結果  
(蜂巢織)



図26 シミュレート結果  
(飛び斜紋織)

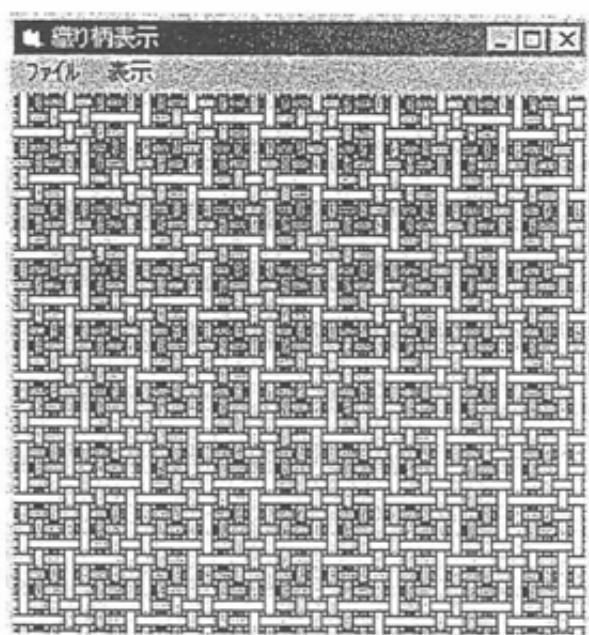


図27 シミュレート結果  
(梨地織)



図28 シミュレート結果  
(フランス綾織)

その他の組織のシミュレート結果を図29～32に示す。従来の織物用CADで風通など二重組織を表現すると、本来隠れて見えないはずの裏糸が表糸の間から見えてしまい、織り上がりのイメージをつかみにくいといった欠点があった。このソフトウェアでは裏糸にな

る部分は明度の低い色で表すので目立ちにくく、表糸が判別しやすいといった特徴がある。パイルカット組織も従来方式では区別できなかったパイル糸と地組織の表糸と裏糸が判別できるようになった。



図29 従来方式のシミュレート結果  
(風通組織)

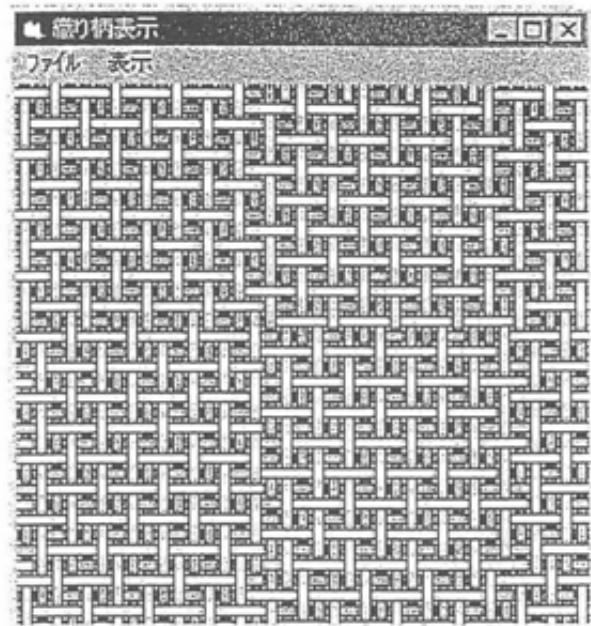


図30 高さ情報を取り入れたシミュレート結果  
(風通組織)

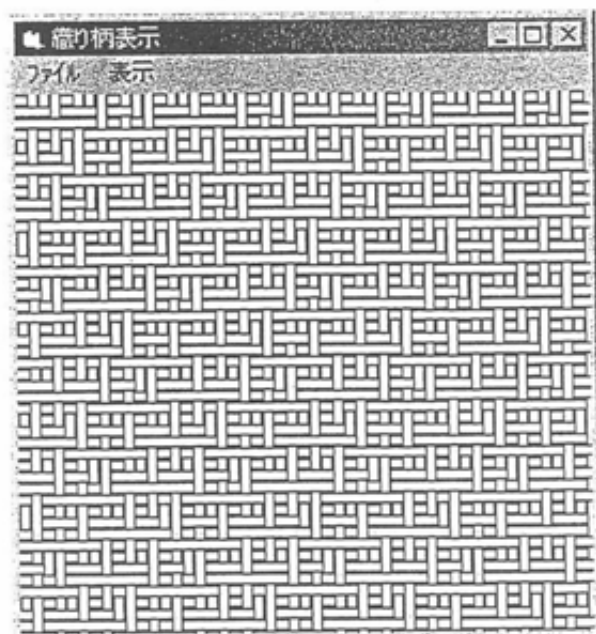


図31 従来方式のシミュレート結果  
(パイルカット組織)



図32 高さ情報を取り入れたシミュレート結果  
(パイルカット組織)

#### 4. おわりに

今回の研究成果により、組織が表面変化に及ぼす影響について明らかになり、組織点の高さに関する表面形状を予測する手法を確立することができた。また、その手法をもとにしたシミュレーションソフトの開発により、

試織しなくても表面形状を視覚的に確認できるようになった。

形状を推測するには、すべての組織点で周辺の浮き沈みを調べなくてはならないので時間と手間を要するが、コンピュータを利用することによりほぼ瞬時に結果が得られる。

ただし一部の推定値は計測値と一致していない。これは予測フローに規格の影響を含んでいないためと考えられ、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