

纖維製品の表面特性に関する研究

1997年9月

坂口 明男

①

繊維製品の表面特性に関する研究

1997年9月

坂口明男

学位論文要旨

繊維製品の表面特性に関する研究

坂口明男

衣服材料として布に求められる性質には伸縮性や保温性などの機能面の他に着用時に布と人体が触れたときの接触感が快適であるということが実用上重要である。

本研究では布の接触感がどのようにして発現しているかを解明し、より快適な衣服材料を展望するための基礎として布の表面接触状態の観察、分析を画像処理と空間内個体配置モデルを応用して行った。

また衣服材料によって人体が受ける影響についての一例として皮膚搔痒症に対する肌着材料の影響について調査した。

本論文の各章の内容は以下のとおりである。

まず、第2章で布の接触状態の観察を行い、布表面の接触が多数の小さな接触部で構成されていることを示し、接触状態の評価の基本的な方針としてこれらの接触部の配置状態に注目すべきであることを述べた。接触部の配置状態の概要を把握するために森下の指数を用いて接触部がランダム的な配置ならば滑り感に富み、集団的な配置ならば滑り感に乏しい等の傾向が知られた。

第3章では接触部の配置状態の見方として接触部が全体としてどのような図形を構成しているのかに注目して分析を行った。接触状態画像についてフラクタル次元の一種である容量次元を算出し、配置状態が1次元図形を描

くかどうかで接触状態および接触感を弁別できることを述べた。

第4章ではさらに詳しい分析を行う方法として接触部の大きさにも注意を払って分析することを検討した。それまでの方法では分析の過程で欠落していた各接触部の大きさの情報も取り入れることで分析の安定性の向上が期待できることを示した。接触部の大きさが比較的そろっている状態では、大きさの情報を無視した手法は一種の近似として実用的であるが、接触荷重が増加すると接触部は画像上で合体したように見え、そのため近似が悪化する。このような場合でも接触部の配置状態を正しく表示できた。

接触部の大きさを考慮して分析をする場合には集中度の値の評価基準が元の接触部の大きさ分布に影響されるので第5章ではさらにシミュレーションを併用することで集中の度合いを示す指数の評価基準を明確にした。異型区画を用いることで接触部の配置がバンド状になっている状態を捉えることができ、その傾向が強いほど摩擦感に乏しいということが知られた。

上記の方法はいずれもランダム配置の場合を基準に分析を行っているが第6章では個体間距離に注目し、集団配置の場合をあらかじめ想定して分析を行うことで、より詳細に配置状態の差異を記述する方法を検討した。

第7章では衣服の布の表面と皮膚搔痒症の症状との関係を調査し、布の表面が単に感覚的な快適性だけでなく皮膚搔痒症の症状の緩和にも影響があることを述べた。

上記のように、本研究によって表面接触状態に基づいた布の接触感の発現機構に関する新たな視点を提示することができた。本研究の基礎となっている画像処理、2次元空間内の個体配置のモデル等の手法をさらに発展させていくことで人手によらない接触感の評価法や表面特性を考慮した布の設計手法の確立を目指すことができると思われる。

目次

1 緒論	3
1.1 研究の背景	5
1.2 目的	6
1.3 論文の構成	7
1.4 関連する発表論文など	7
2 絹編織布の接触状態と接触感	9
2.1 始めに	11
2.2 材料と方法	11
2.2.1 試料	11
2.2.2 接触感に関する官能検査	11
2.2.3 接触状態の観察方法	15
2.2.4 画像データの分析法	20
2.3 結果	22
2.3.1 官能検査による接触感の調査結果	22
2.3.2 接触状態の観察結果	27
2.3.3 接触面積の調査結果	33
2.3.4 森下の I_{δ} の算出結果	36
2.4 考察	44
2.5 文献	45
3 絹布接触状態画像の容量次元と滑り感	47
3.1 はじめに	49

3.2 理論	49
3.2.1 図形の分割による次元の計量	49
3.2.2 容量次元の定義	50
3.2.3 点の集合体の容量次元	50
3.2.4 図形が有限であることによる影響	52
3.2.5 点配置図形の $r-N(r)$ 曲線	52
3.2.6 視点による図形の見えかたの変化	56
3.3 結果	56
3.3.1 $r-N(r)$ プロット	56
3.4 考察	61
3.5 文献	63
4 接触部の大きさを考慮した絹布の接触状態評価法	65
4.1 はじめに	67
4.2 理論	67
4.2.1 接触状態画像と区画内個体数法	67
4.2.2 集中度の定義	68
4.2.3 集中度の特性	72
4.3 結果	74
4.3.1 接触部の大きさの調査	74
4.3.2 データへの適用	76
4.4 考察	78
4.5 文献	80
5 区画内占有面積分布のシミュレーション	83
5.1 はじめに	85

5.2 方法	85
5.2.1 シミュレーションの概要	85
5.2.2 接触部のランダム配置.....	86
5.2.3 分散の分布の特性値の算出	87
5.2.4 実測データの区画内占有面積分布.....	88
5.3 結果	88
5.3.1 接触部の大きさの度数分布	88
5.3.2 乱数模擬実験の結果	88
5.3.3 区画面積による集中度の変化との比較.....	88
5.3.4 区画形状による集中度の変化との比較.....	103
5.4 考察	110
5.5 文献	111
6 個体間距離に基づく表面接触状態の特徴記述	113
6.1 はじめに	115
6.2 個体間距離に基づく配置状態の検討	115
6.2.1 個体間距離の評価関数.....	115
6.2.2 パラメータの意味.....	118
6.2.3 複数のモデルの比較	118
6.2.4 パラメータの推定.....	119
6.3 結果	119
6.3.1 パラメータの推定結果.....	119
6.3.2 中立半径	120
6.3.3 滑り感と集合度	120
6.4 考察	120

6.5 文献	125
7 皮膚搔痒症に対する絹肌着の効果	127
7.1 はじめに	129
7.2 材料と方法	130
7.2.1 着用試料	130
7.2.2 着用試験	130
7.2.3 実施方法	130
7.2.4 アンケート調査	131
7.2.5 被験者	131
7.3 結果と考察	134
7.3.1 着用によるかゆみの軽減	134
7.3.2 着用前のかゆみの程度によるかゆみ軽減効果の違い	137
7.3.3 着用後の「かゆみの変化」と「肌へのよさ」	142
7.3.4 着用順序によるかゆみ軽減効果の差異について	145
8 総括	149
謝辞	154

繊維製品の表面特性に関する研究

第 1 章

緒論

1 緒論

1.1 研究の背景

人類は数千年もの間、布を使用してきた。そして現在も衣服の材料としてこれに比肩するものはなく、今日も数十億人の人間が常時布を使用して生活している。このことは布の性能、機能、あるいは生産技術の改善が全人類的な恩恵をもたらすことを物語っている。

布の性能の向上にはまずその特性を的確に把握することが必要である。そのために繊維製品の各種の試験法が検討されてきている。引っ張り特性など材料的な見地のものから、洗濯特性などの消費性能に関するものまで非常に多様な性能試験項目が存在する。これらの各項目において高いレベルでのバランスを保つことの難しさが布を超える衣料素材の出現を見ない原因でもある。

布が衣料素材であるという観点から見ると布の表面状態が重要な特性として浮上してくる。人は顔や手などを除く全身の大部分の皮膚表面を常に布表面と接触させている。この表面状態の善し悪しは着用者にとって重要な問題となる。表面状態の良否を決定する要因としては通気性、保温性、吸湿性等の機能性の他に手触りの善し悪しが実用上問題となる。他の材料ではあまり問題にされない手触りが布の場合重要なのは人の皮膚感覚へ与えられる刺激の大部分が布によるものであるからである。聴覚にとっての騒音や、嗅覚にとっての悪臭がそれぞれの感覚器官の感じる刺激の90%を占めているよう

な状態を想像してみれば布の接触感の重要性が容易に理解できる。

手触りに関連する布の特性の調査として摩擦特性の測定などが行われてきた。摩擦特性は布以外の材料との比較が直接可能であるため尺度として明確であるが、その機構上、表面接触の結果の概観という性格を持っており、その接触の際にどのような感覚が生じるかという点に関する情報が得にくい。基本的に布以上に接触感が問題となるような状況がないため、その他の材料の表面試験で行われてきた方法を流用しても布の接触感を追求するという目的を十分に満たすことができない。

布は他のあらゆる材料よりも人体表面に接することを要求されているために、その接触感に対する要求性能の水準は高い。布の接触感の検討には詳細な調査と分析が必要となる。ここに、布の表面がどのように接触しているのかを直接観察し、その状態を的確に把握する手法を見出す必要がある。

1.2 目的

衣服などに供される布において、その表面状態は重要である。特に、布表面と人体との接触状態は衣服を着用したときの着心地への影響が大きい。そこで布表面の接触状態を分析する方法を検討した。布と他の物体との接触は一見面状に見えるが実際には小さな多数の接触部が生じている。この接触状態のデータは画像データの形で得られるが、画像データは大量の情報を含むので目的とする情報を抽出するための分析法を検討する必要がある。接触状態画像の場合は接触部の配置状態が重要であり、配置状態を適切に記述できるような分析方法について検討した。

1.3 論文の構成

第2章では各種の絹布の接触状態と接触感について述べる。接触状態の観察方法を紹介し、得られたデータを区画内個体数法で分析した。その結果、布表面の接触部が集団形成的に配置していることが知られた。第3章ではフラクタル次元の一種である、容量次元の視点からの分析を試みる。この方法では単に個体が集団を構成する際に全体としてどのような図形を構成しているかを見ることができる。第4章では接触部の大きさを考慮した分析方法を検討する。大きさを持った対象物が空間内に存在する場合の一般的なモデルを考察し、接触状態データへの適用を試みた。第5章ではさらに乱数模擬実験を行って配置状態をさらに分析した。また、異型区画による区画法で配置の特性をさらに詳しく調査した。第6章では画像データ内の個体間の距離に注目し、この距離データから集団化の度合いを示す指数を定義する。この分析では集合度のほかに集団がどのような広さの領域で構成されてるかの指標も得られる。第7章では布の表面状態が人体に与える影響の一例として皮膚掻痒症に対する絹肌着の効果についてのべた。第8章では以上を総括する。

1.4 関連する発表論文など

絹編織布の接触状態と接触感, 1992、日本蚕糸学雑誌 61(4), 312-320, 坂口明男、林誠、清水義雄、近田淳雄、清水裕子

皮膚掻痒症に対する絹肌着の効果 1995, 日本蚕糸学雑誌 第64巻 第1号 23-30, 清水裕子、清水義雄、坂口明男、福井準之助、嶋崎昭典

絹布接触状態画像の容量次元と滑り感, 1995, 日本蚕糸学雑誌 第64巻 第4号 319-322, 坂口明男

個体の大きさを考慮した配置状態評価法の乱数模擬実験による検討と絹布接触画像への応用, 製糸絹研究会誌 (1995), vol4, 52-59, 坂口明男、鳥海浩一郎、松本陽一、古川貴雄、清水義雄

接触部の大きさを考慮した絹布の接触状態評価法, 1996, 日本蚕糸学雑誌 第65巻 第1号 1-6, 坂口明男

(国際会議録)

Observation and analysis of contact condition of silk fabric, 1996, The third international silk conference, The Collection of Papers, Sakaguchi A. Toriumi K. Matsumoto Y.

第2章

絹織布の接触状態と接触感

2 絹編織布の接触状態と接触感

2.1 始めに

衣服の総合的な性能である着心地を構成する重要な要素として接触感がある。接触感とは人体と衣服の布が触れたときに人が触覚によって知覚する感覚であり、布の表面の接触時の状態によってそこに生ずる感覚が変化する。このことは布の接触感の検討にはその表面接触状態の把握が必要であることを示している。

ここでは布の表面接触状態を観察し、区画内個体数法の一つである森下の方法で接触状態を記述し、接触感との対比を行う。

2.2 材料と方法

2.2.1 試料

試料としては絹織物と絹編物合計7種類を取り上げた。その諸元を第2-1表に示した。いずれも素材は絹である。絹は同一材料で多様な織物が存在し、また接触感がよいとされていることから選んだ。

2.2.2 接触感に関する官能検査

2.2.2.1 官能検査

試料の接触感を調査するために官能検査を実施した。官能検査とは対象物の検査や評価に人間の感覚を用いて判定を行う手法である。今回は布を対象としてその接触感を実際に検査者が布にふれて調査した。

第2-1表 試料の諸元

試料布	組織	糸密度		目付 g/m ²	厚さ mm	含気率 %
		本/cm 経	緯			
羽二重6匁	平織	27	20	25	0.09	65
羽二重14匁	平織	30	22	63	0.13	69
綾羽二重	綾織	63	37	59	0.12	67
フラットクレープ	平織	72	41	69	0.17	75
クレープデシン	平織	36	21	67	0.18	73
トリコット	縦編	10	16	64	0.25	82
天竺編	横編	10	20	77	0.21	74

2.2.2.2 一対比較法

官能検査の方法には順位法、一対比較法、絶対判断法などの方法があるが今回は一対比較法を用いた。絶対判断法は判断が比較的簡単であり、順位法も一度に多数の試料を処理できるので時間や労力は少なくてすむ。しかし試料間の差が微妙なものではその差を捕らえるのが困難である。一対比較法は試料数が多くなると組み合わせが多くなり、時間的労力的負担が増すが、一回の判定では2個の試料間の比較判断なので小さな差でも捕らえやすい。

具体的には全試料の中から二つの試料を取り出し、ある基準に対してこの2つのうちどちらがより適合しているかを判定者に申告させる。この作業をすべての試料の組み合わせで行う。

一対比較法で得た申告データの処理法には Scheffe の方法、Bradley の方法、Thurstone の方法があるが今回は Bradley の方法を用いた。

2.2.2.3 Bradley の方法

一対比較法による官能検査の結果から官能量の尺度を得る方法として Bradley の方法を用いた。これは二つの試料 A_1 、 A_2 に対して A_1 のほうが A_2 よりも適であるとされる確率 π_{12} が

$$\pi_{12} = \frac{\pi_1}{\pi_1 + \pi_2} \quad (2-1)$$

で与えられると考えるものである。ただし、 π_1 、 π_2 はそれぞれの試料に与えられたスコアである(日科技連官能検査委員会、1973)。また、

$$\sum_i \pi_i = 1 \quad (2-2)$$

$$\pi_i > 0 \quad (2-3)$$

である。

試料の総数を t とするとある判定項目に関して試料 A_i は n 人の判定者に合計 $n(t-1)$ 回判定される。このうち A_i が適であると判定された回数を f_i とすれば

$$\frac{f_i}{\pi_i} = n \sum_{j \neq i} \frac{1}{\pi_i + \pi_j} \quad (2-4)$$

と(2-2)式を連立させて π_j を算出できる。

2.2.2.4 検査方法

接触感に関する官能検査の判定者は健康で右ききの成人男子 11 名である。検査方法は一対比較法により行った。検査は 20°C、65%RH に調整された恒温恒湿室で行った。また、視覚からの影響を避けるために、検査箱（高さ 25 cm、幅 60 cm、奥行 35 cm）内に 2 種類の試料布をいれておき、判定者はこの箱の中に手をいれて検査を行うこととした。まず右手指先でどちらかの布に触れて指先を滑らせないようにしてすぐ離し、他方にも同様に指先で触れる。この動作を数回繰り返した後どちらがより「暖かい」か、「凹凸感」があるか、「かたい」かを申告させた。どちらの布を先に触れるかについては特に指定しなかった。次にそれぞれの布の上で指先を交互に滑らせて「滑り感」について申告させた。指を滑らせる方向としては、「経糸方向」「緯糸方向」「円運動」の 3 種類を指定してこの順に検査した。尚、検査する布の組合せの順序はランダムとした。

2.2.3接触状態の観察方法

2.2.3.1原理

表面接触状態の観察は透明物体の光の内面反射の原理による。いま、布の上に板ガラスを乗せると布表面の繊維上にガラスと接触する部分と接触しない部分とが生じる（第 2-1 図）。ここに反対側から光をあてると、繊維とガラスが密着している部分では入射した光が繊維内に吸収される。一方で密着していない部分では光はガラスの内面で反射して入射側に戻る。したがって反射光の強度によって繊維とガラスが接触しているかどうかを知ることができる。

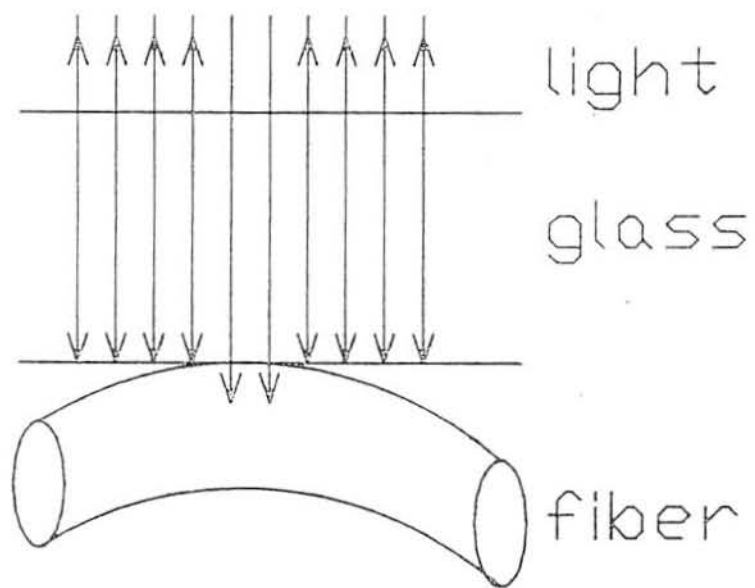
2.2.3.2観察装置

この原理にしたがって作成した装置が第 2-2 図である。透明圧縮子は $100\text{gf}/\text{cm}^2$ から $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ までの応力で布をガラス面に押し付ける。この様子を垂直落射照明装置を備えた顕微鏡で撮影する。今回の装置では 2mm 四方の接触状態を撮影することができた。

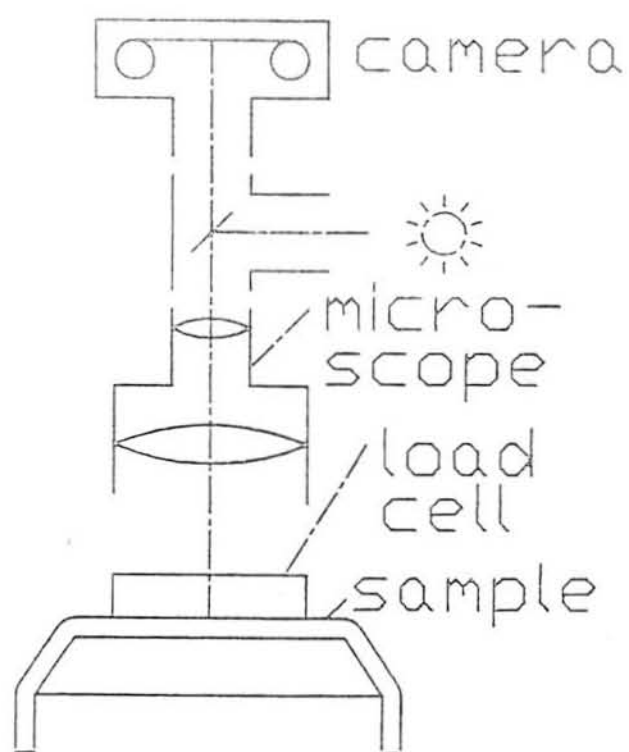
2.2.3.3画像処理

こうして得られた画像の一例を第 2-3 図に示す。これは試料をクレープデシンとし、荷重を $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ とした場合に得られた接触状態画像である。これを $256(\text{pixel}/\text{mm})$ の分解能で画像処理装置 nexus に取り込み、接触部、非接触部の明度差を利用して接触部の抽出処理を行った。接触部の付近にはガラス面に接近した繊維表面の光の反射による色環が生じるがこれは接触部付近の明度を明るくするため接触部は明瞭に抽出できた(第 2-4 図)。

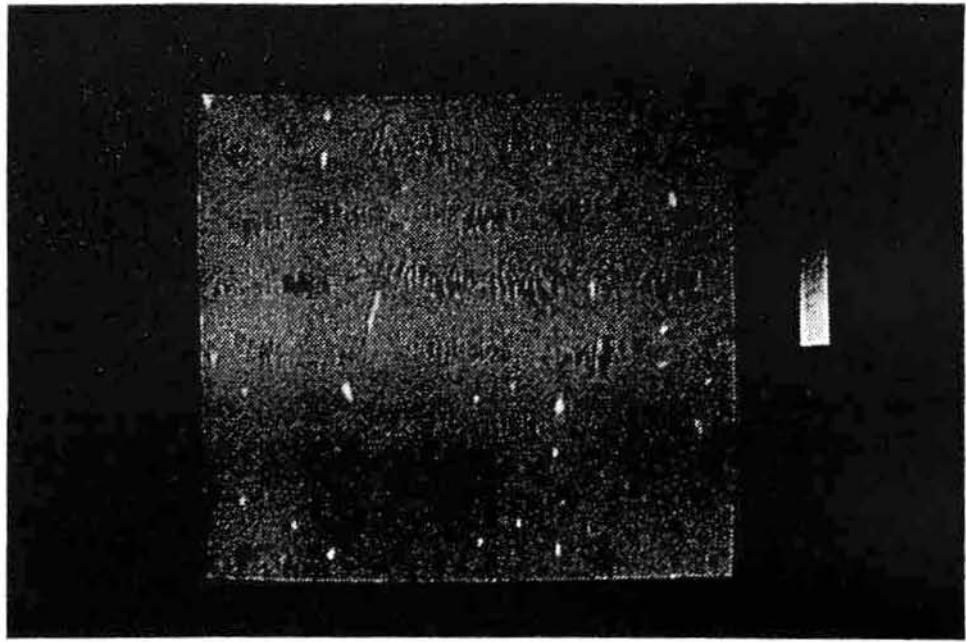
抽出した接触部は個々を識別するためのラベリング処理を行い、重心座標値、各接触部の画素数などの算出を行った。



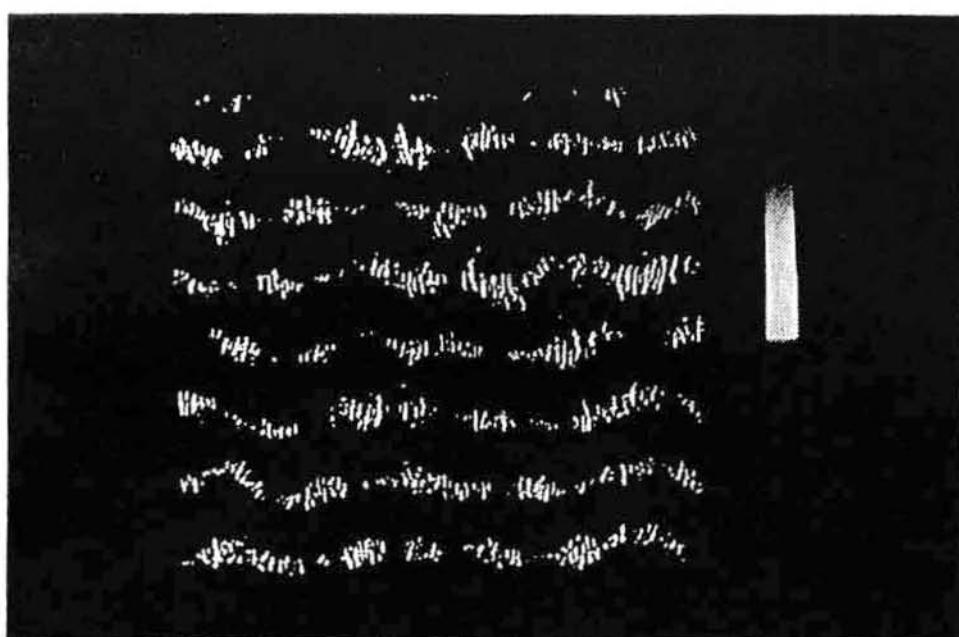
第 2-1 図 接触状態観察原理



第 2-2 図 接触状態観察装置



第 2-3 図 接触状態画像
(クレープデシン、荷重 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$)



第 2-4 図 接触部抽出結果
(クレープデシン、荷重 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$)

2.2.4画像データの分析法

2.2.4.1接触面積

荷重を増加すると接触部の数とともに接触部の総面積も増加する。接触状態画像中の接触部分の面積と応力の関係を調査した。

Hertz(1881)によれば円形の物体が平板に押し付けられたときの応力 P と総接触面積 S の間には、

$$S = kP^N \quad (2-5)$$

の関係が成り立つ。 N の値は物体の種類によって変わり、弾性体の場合は $N \approx 0.67$ であることが知られている。又、与えられた圧力の範囲で変形しにくいものでは N 値は 0.67 よりも小さい値をとり、逆に粘土のように塑性変形を生ずるものでは、 $N=1.0$ に近づくことが知られている。

そこで接触状態画像から得た応力と接触面積の関係を(2-5)式に当てはめて N の値を求めた。

2.2.4.2区画内個体数法

ある二次元空間中に存在する点状の事象の配置について、事象同志が反発して散らばる傾向があるのか、反対に集団を作るのかを判断するような数量化の手法が工夫されてきた。これらの方法の一つとして、対象空間を区画で分割し、それぞれの区画内の事象発生数分布に注目する「区画内個体数法」がある。

区画内個体数法の基本的な考え方は各区画内における事象発生数の分布の平均

$$m = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q n_i \quad (2-6)$$

と分散

$$v = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q (n_i - m)^2 \quad (2-7)$$

の大小関係を見ることである。ただし q は区画の数、 n_i は i 番目の区画内の接触部分の数である。もし事象がランダムで独立に発生していれば区画内の事象数は Poisson 分布に従う。このような配置を Poisson 配置という。この場合分布の平均 m と分散 v は等しい。もしどの区画にも同じ数の事象が含まれる、均等配置の場合には分散 v は 0 になる。また、ある特定の区画に事象が集中している場合は分散 v は平均 m よりも大きな値になる。したがって、あるデータについてその平均 m と分散 v の比 v/m をとると、配置が均等型ならばこの値は 1 より小さく、集団型ならば 1 より大きいことが期待され、配置状態の指標として有用である(長谷川・種村、1986)。

2.2.4.3 森下の指数

この v/m を目的に合わせて改良した様々な指標が配置状態の記述に用いられている。その一例が森下の指数である。 v/m は個体密度によっても変化するため、Morishita (1959) は次式で定義される指数を考案している。

$$I_\delta = q \sum_{i=1}^q (n_i - 1)n_i / N(N-1) \quad (2-8)$$

ただし N は個体の総数 ($= \sum_{i=1}^q n_i$) である。

この I_δ は v と m を使って次のように書けるのでこれを v/m の一種の変形と見ることができる。

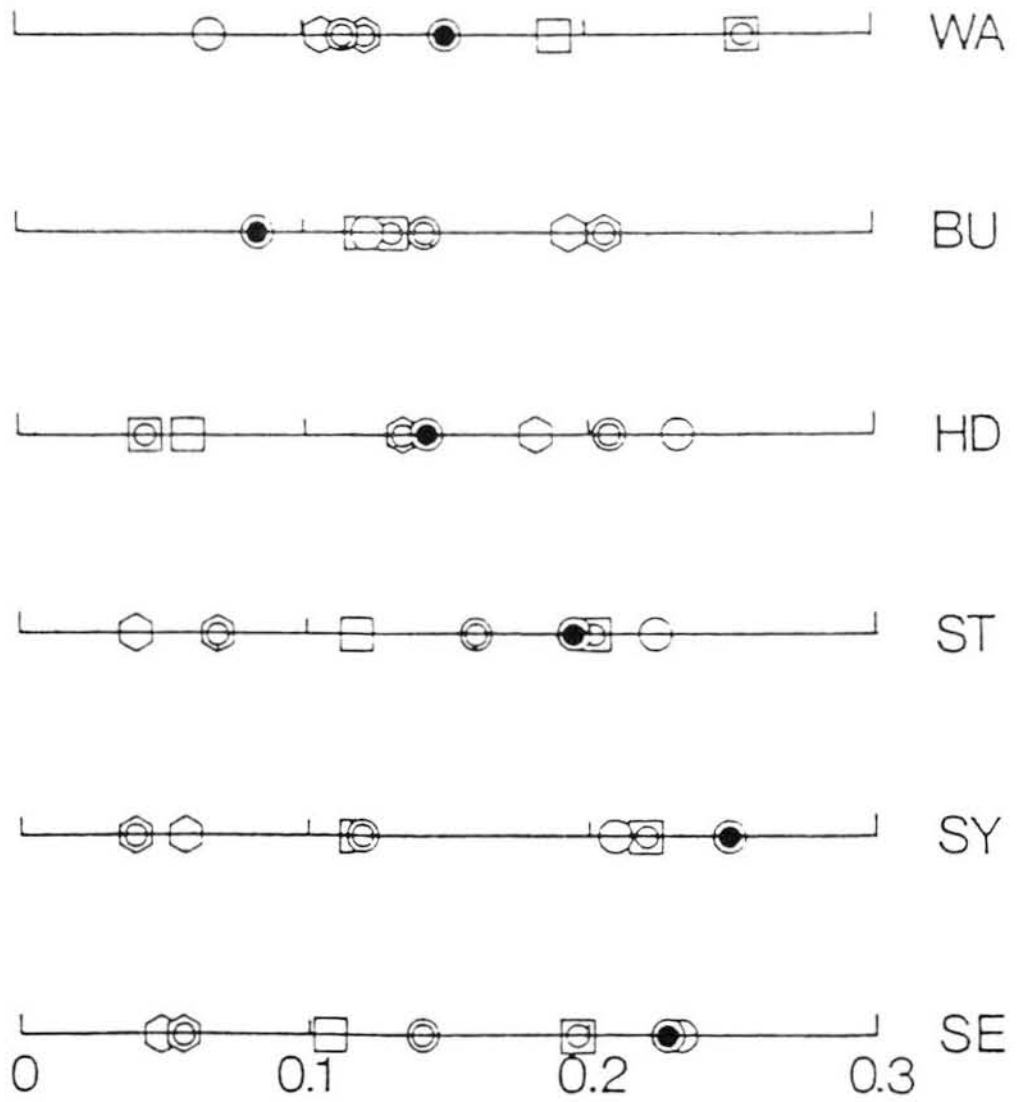
$$I_\delta = \frac{q}{qm-1} \left(m-1 + \frac{v}{m} \right) \quad (2-9)$$

I_δ の値が 1 より小さいときは均等型配置、1 であれば Poisson 配置、1 より大きければ集団型配置である。区画数の変化によって I_δ の値も変化するが、その変化の仕方によって分布の状態を推察することができる（長谷川、種村、1986）。特に I_δ の区画数 q による変化は、観察の視点を大域的な立場（ q の値は、小さい）から、局所的な立場（ q の値は、大きい）へと移すことによって全体としてどのように変化しているかをみることができると言う特徴を持っている。ここでは森下の集中度指数 I_δ を接触部の配置状態の違いを評価するために用いる。

2.3 結果

2.3.1 官能検査による接触感の調査結果

官能検査の結果を第 2-5 図に示す。これは各検査項目について Bradley の指数を計算してプロットしたものである。検査項目は「暖かさ（図中の表記は WA、以下同様）」「凹凸感（BU）」「かたさ（HD）」「手を経糸方向



第 2-5 図 官能検査の結果

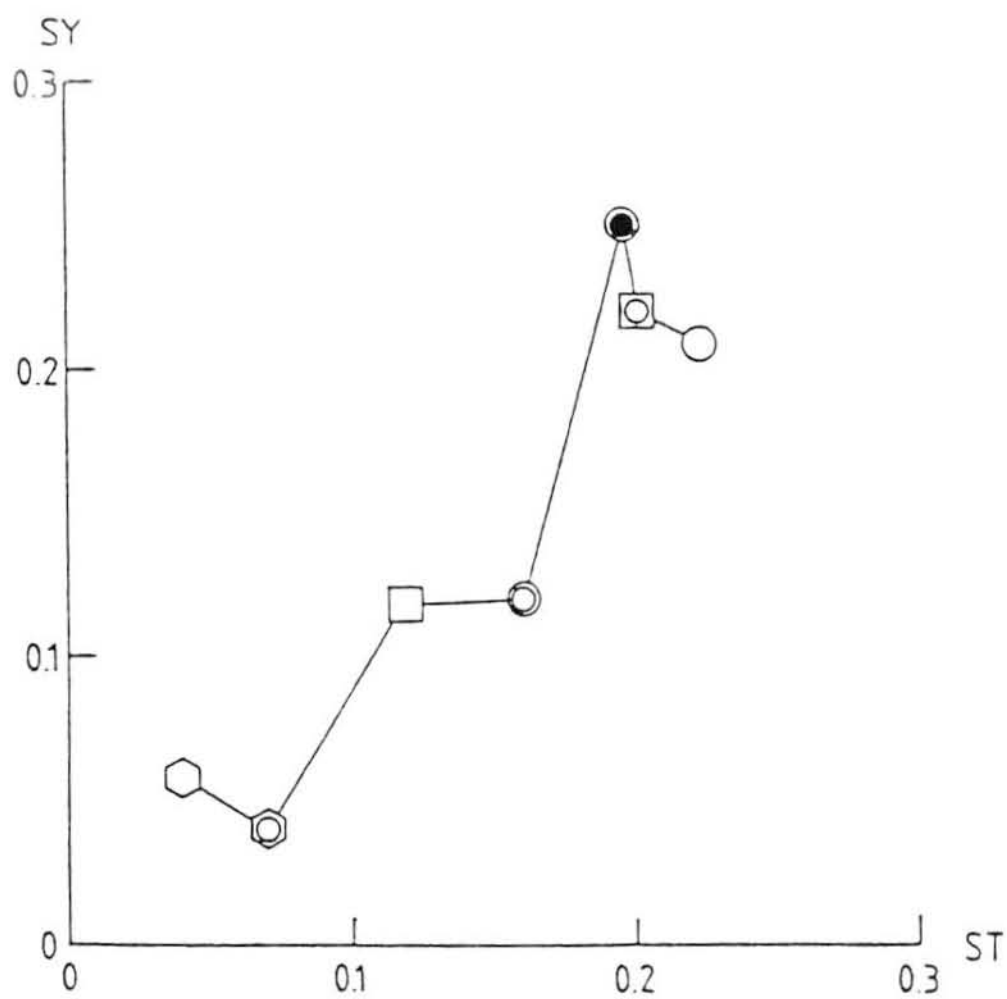
に滑らせたときの滑り感（S T）」「手を緯糸方向に滑らせたときの滑り感（S Y）」「手を円運動するように滑らせたときの滑り感（S E）」である。それぞれの試料のスコアをマーカーで表示した。ただし、丸印は羽二重14匁、二重丸は羽二重6匁、蛇の目は綾羽二重、六角はフラットクレープ、六角に丸はクレープデシン、四角は天竺編、四角に丸はトリコットを表す。

各項目について各試料に与えられたスコアは合計すると1になるようになっており、今回は試料の数が7種類なので、スコアは $1/7 \approx 0.143$ を中心に分布することになる。

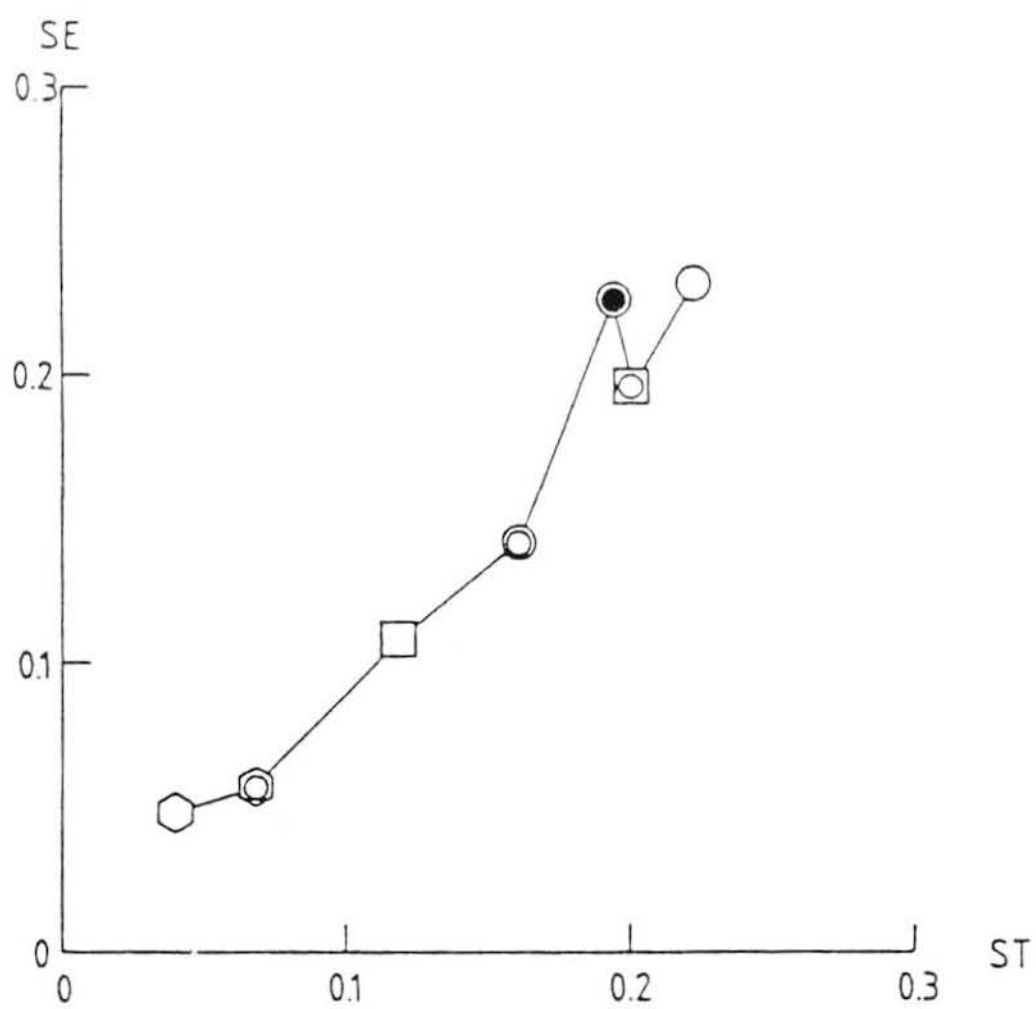
手を滑らせない状態で判定した「暖かさ」「凹凸感」「かたさ」については、トリコットと天竺編とが類似したスコアを示している。すなわち、編物は暖かくて柔らかいと感じており、これは日常的な感覚とも一致している。

「かたさ」については、羽二重のような薄い布はかたく、強撚糸織物や、綾織物では柔らかく感じ、編物は最も柔らかく感じるとの結果を得た。「暖かさ」についても、「かたさ」と同様に、羽二重が冷たく、編物が暖かいという結果を得た。「凹凸感」については大きく3段階に分類されるが、そのスコアの分布は他の検査結果よりも狭かった。強撚糸を用いたクレープデシンやフラットクレープは最も凹凸感があると判定され、綾羽二重は最も凹凸感の少ない布と判定された。その他の布はこれらの間となった。

一方、手を経方向、緯方向、円状に滑らせて滑り感の判定を行った結果は次のようである。緯方向では、7種類の試料がA = {クレープデシン、フラットクレープ}、B = {天竺編、羽二重6匁}、C = {トリコット、綾羽二重、羽二重14匁}の三つに分類される。他の滑り方向に関してはそれぞれの組の中での順位の入替わりはあるが、他の組の試料と順位が入替わることはない。今回の試料については「滑り感」は手を滑らせる方向による影響



第 2-6 図 滑り感の方向性(経緯)



第 2-7 図 滑り感の方向性(経円)

は少ない。第 2-6 図と第 2-7 図にたて方向の滑り感のスコアに対し、緯方向、円方向のスコアの関係を示したが、相関が高いことが分かる。

2.3.2 接触状態の観察結果

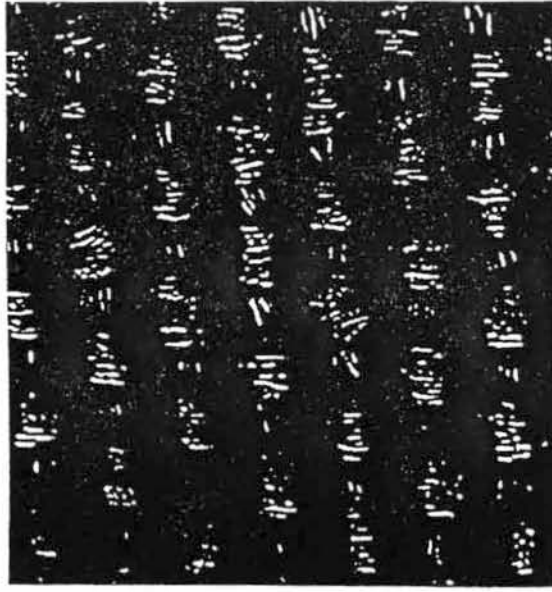
先に述べた手法で処理した羽二重 6 匁、フラットクレープ、綾羽二重、天竺編、トリコットの 0.2, 2.0, 20kgf/cm² で加圧したときの接触画像を示す(第 2-8 図から第 2-12 図)。接触点の加圧による増加や分布の変化が観察される。

羽二重 6 匁(第 2-8 図)では、経糸中の繊維が低圧力で接触し始め、20 kgf/cm² の高圧力では緯糸もわずかではあるが接触している。羽二重 14 匁もほぼ同様な接触挙動を示している。羽二重は平織物であるが、経糸密度が緯糸密度より大きいいため、布表面に経糸がより多く浮き出して存在しており、経糸の接触が緯糸より多いと考えられる。

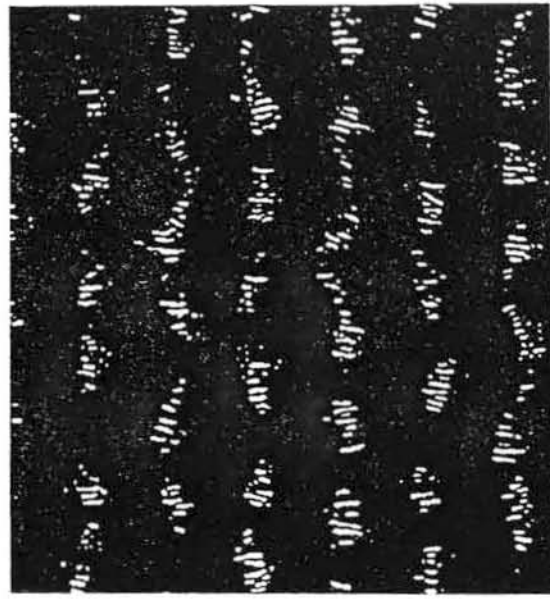
フラットクレープ(第 2-9 図)は、低圧力でやはり経糸が接触し、経糸中の繊維の接触点が横方向に並んでいる。この接触状態は圧力が増加すると共に顕著になっている。高圧力(20kgf/cm²)では経糸の接触点がうねりながら横方向に並んで連なっている。クレープデシンも第 2-4 図で示されるように、フラットクレープと同様の接触挙動である。これら強撚糸平織物は、撚りによる緯糸のうねりが接触面の配置に影響している。

綾羽二重(第 2-10 図)は、羽二重やクレープデシン、フラットクレープとは異なり、低圧力から経糸と緯糸の接触が観察される。また、低圧力での接触点の分布状態はどちらかといえば均等的ではなく、ランダム状に分布している。しかし、高圧力では経糸と緯糸の接触が組織に対応して升目状に配置している。

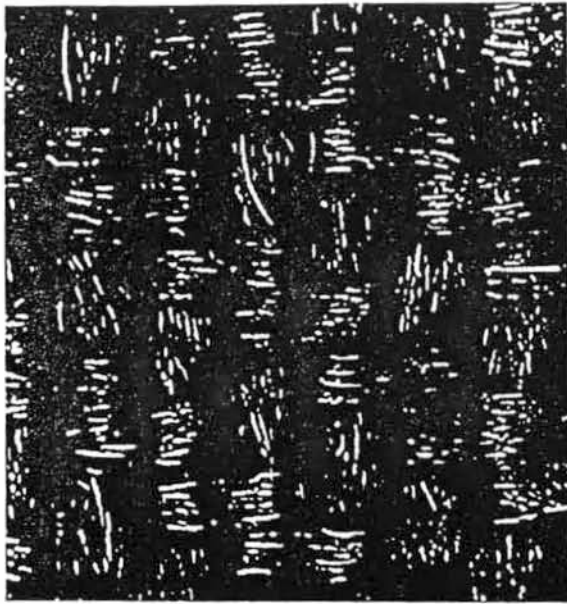
天竺編(第 2-11 図)は、低圧力での接触点が織物に比べ非常に少ない。高圧



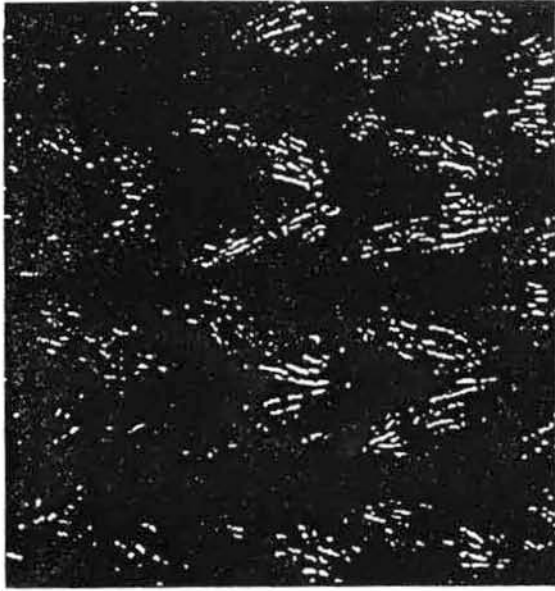
第 2-8 图 表面接触状态(羽二重6号)



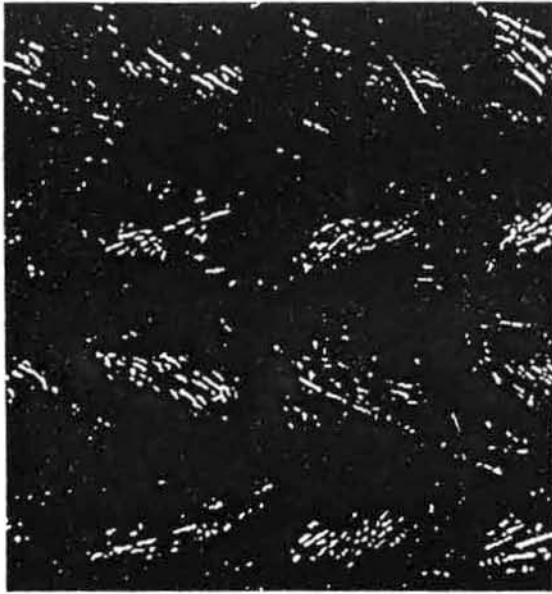
第 2-9 図 表面接触状態(フラットクレープ)



第 2-10 図 表面接触状態(綾羽二重)



第2-11図 表面接触状態(天竺編)



1mm

第2-12図 表面接触状態(トリコット)

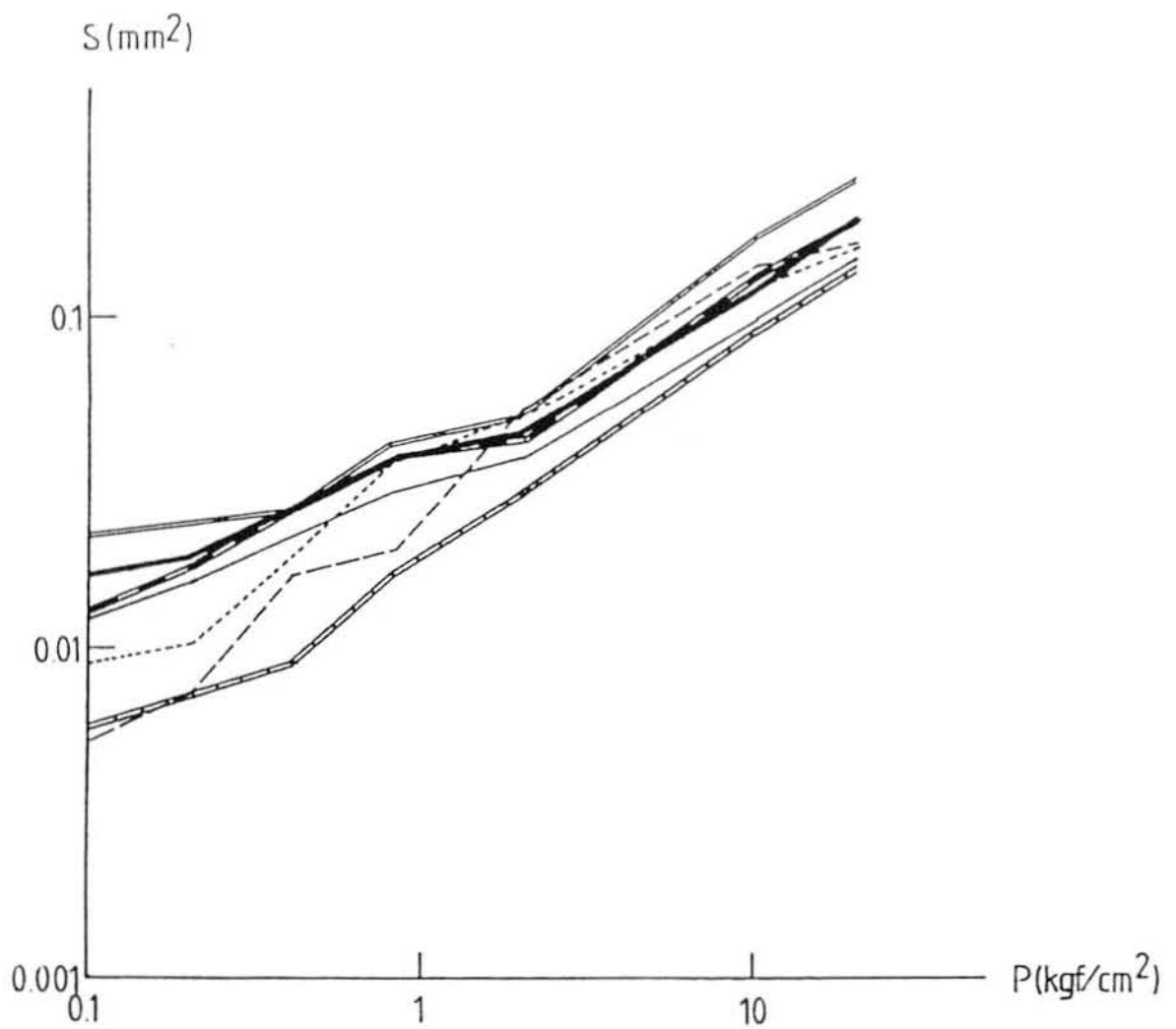
力では編み目のループ状の接触形状が観察されるにつれ接触面積も織物とほぼ同様の状態に近づくように思われる。トリコット(第 2-12 図)も天竺編とほぼ同様の接触状態を示している。各接触部の繊維の方向はループの方向を示しており、逆ハの字型の接触集団を形成している。接触部位の形状は短いものから長いものまで多岐にわたっており、織物のそれとは異なっている。

2.3.3接触面積の調査結果

接触状態画像内の接触部面積が応力によってどう変化するかを第 2-13 図に示した。図中、太線は羽二重 14 匁、細線は羽二重 6 匁、二重線は綾羽二重、破線は天竺編、点線はトリコット、縞線はクレープデシン、白抜き破線はフラットクレープを表す。両対数グラフにプロットするといずれの試料においても応力に応じて直線状に接触部の面積が増加している。つまり(2-5)式の関係によく当てはまっている。それぞれの試料について最小二乗法で求めた N の値を第 2-2 表に示した。

羽二重 6 匁、羽二重 14 匁、綾羽二重の、羽二重の仲間は N 値が 0.47 から 0.49 と小さい。これに対してトリコット並びに天竺編の編物は 0.57 から 0.69 と大きな値となっており羽二重のそれより大きな値となっている。クレープデシンは羽二重に近く、 $N=0.51$ であり、フラットクレープは比較的大きな値、0.64 を示した。

羽二重のような薄手の織物では変形のゆとりがないため、低荷重時からの接触部が面積を拡大することのみによって大きい荷重まで支えようとするので、結果として N 値が小さくなる。一方、編物は立体的な構造のため圧力の増加にともなって新しい接触部位が増大し、 N 値が比較的大きな値をとると考えられる。また強撚糸で構成されたクレープデシンやフラットクレープは



第 2-13 図 応力と接触面積

第2-2表 接触面積の応力による変化の係数

試料	Nの値
羽二重6匁	0.49
羽二重14匁	0.47
綾羽二重	0.49
フラットクレープ	0.55
クレープデシン	0.51
トリコット	0.57
天竺編	0.69

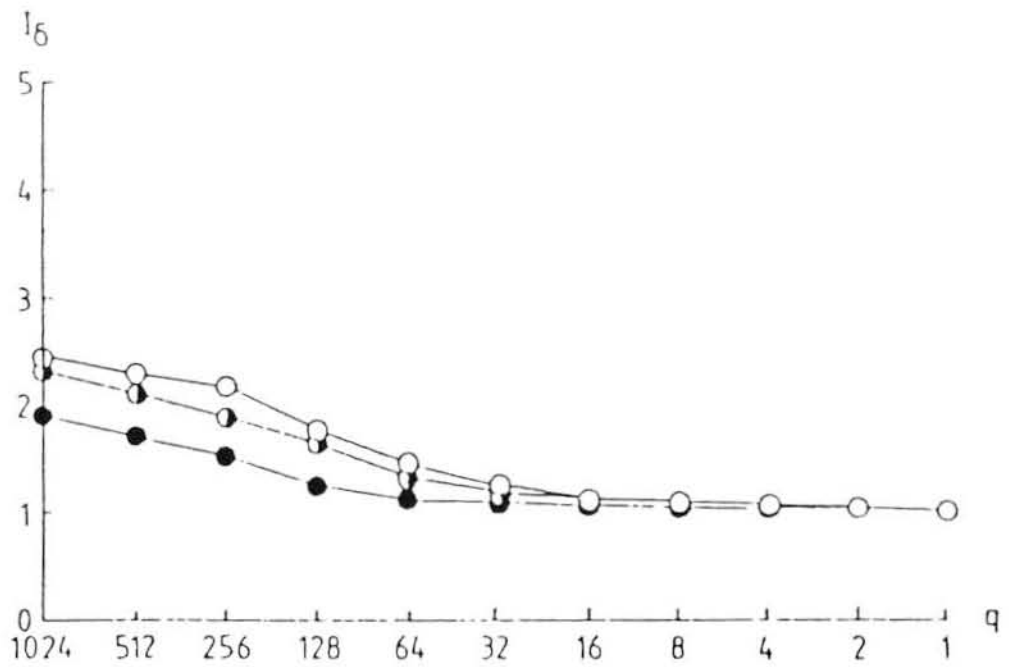
構造上羽二重と編物との中間に位置すると予想される。事実、クレープデシンの N 値は羽二重と編物の中間の値をとっている。しかし本実験で用いたフラットクレープは緯糸の強撚糸によるシボ立ちが大きく、低荷重域ではつぶれにくいが高荷重では織物構造が変形されて接触し易くなるため全荷重域にわたって N 値が大きくなったと考えられる。

2.3.4 森下の I_s の算出結果

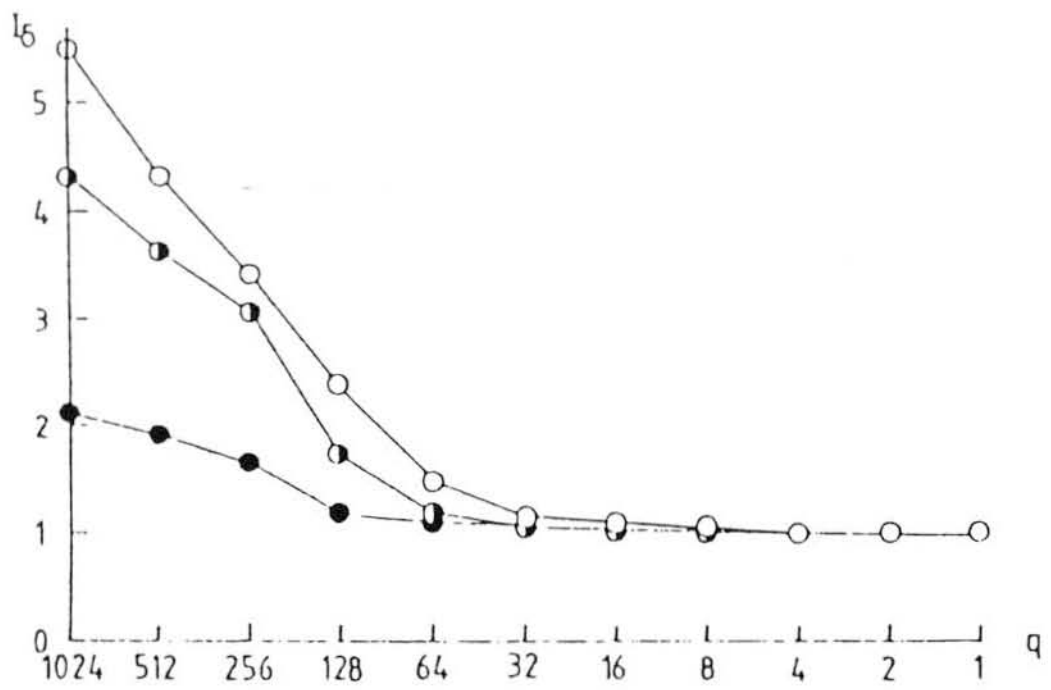
綾羽二重の接触画像から森下の指数を算出した結果を第 2-14 図に示した。図中白丸は荷重 0.2kgf/cm^2 、半黒丸は荷重 2kgf/cm^2 、黒丸は荷重 20kgf/cm^2 を表す。第 2-15 図、第 2-16 図に示す羽二重 14 匁及び、羽二重 6 匁に比べて全体的に I_s の変化は緩やかで区画数によらず、1 に近い値を示している。羽二重は低圧力で小さな凝集構造を示し、圧力が増加すると共に Poisson 分布に近づく（清水ら、1988）が、綾羽二重では、圧力によらず Poisson 配置に近いことを示している。

クレープデシンとフラットクレープの結果を第 2-17 図、第 2-18 図に示した。クレープデシン、フラットクレープのような強撚糸を用いた平織布は、区画数が少ないときは Poisson 配置に近いが、 $q=128$ から急激に I_s の値が大きくなり始める。この I_s の変化から接触部が小さい集団を作っていることがわかる。圧力が大きくなるとそれぞれの集団の中の接触部の配置は Poisson 配置に近くなる。

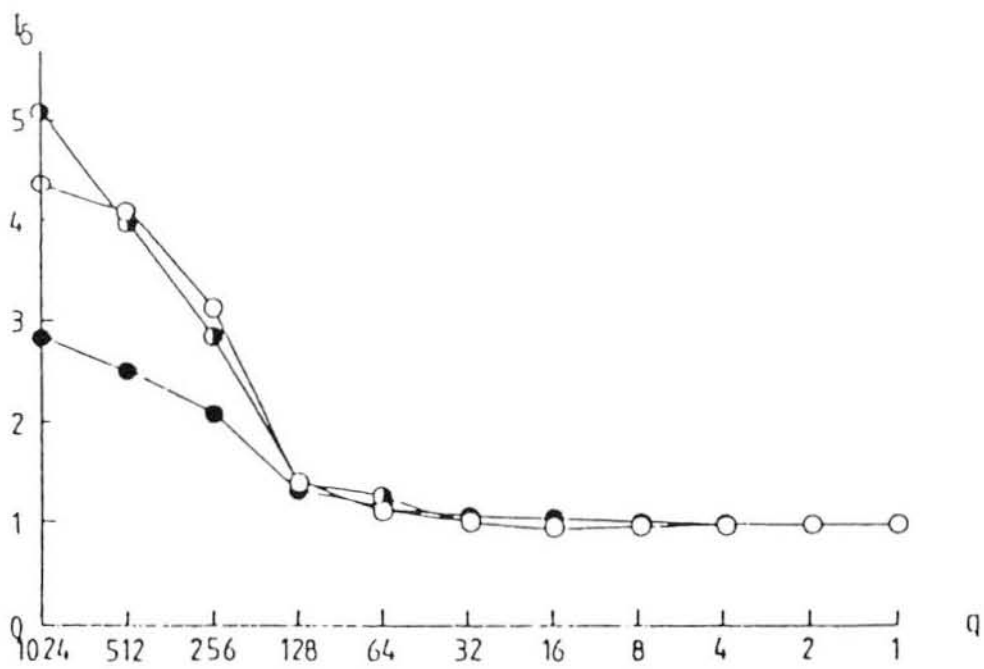
編物の天竺編とトリコットの結果を第 2-19 図、第 2-20 図に示した。 $q=8$ の付近から I_s の値が徐々に増加し始め、 $q=64$ の付近で急激に増加している。これは接触部が組織の大きさに対応するようなやや大きな凝集集団を作って分布し、その集団内でさらに小集団を作っていると解釈できる。圧力が増加



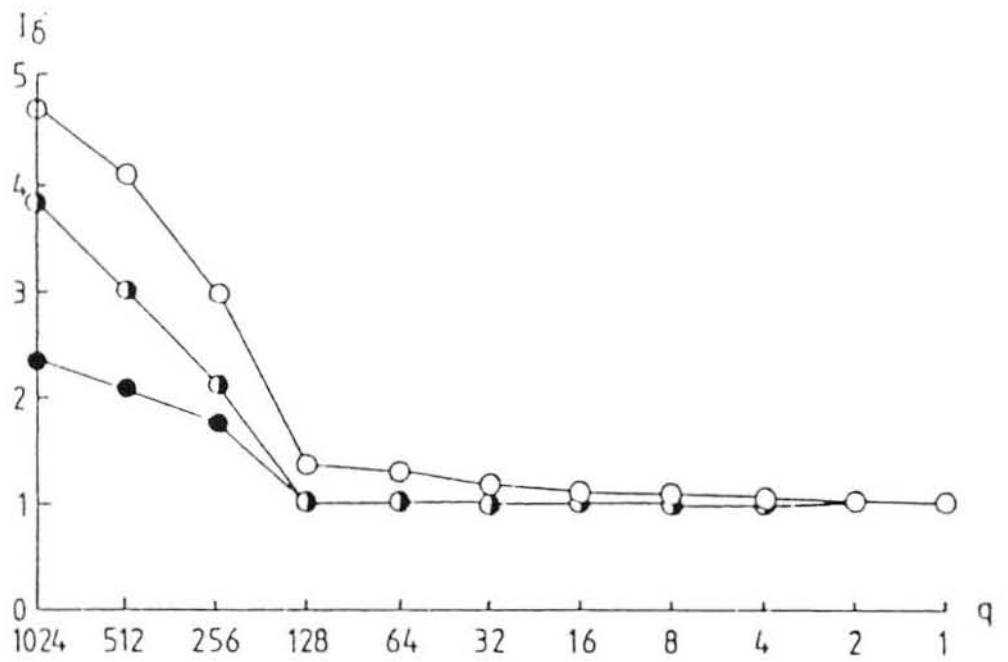
第 2-14 図 I_δ の算出結果(綾羽二重)



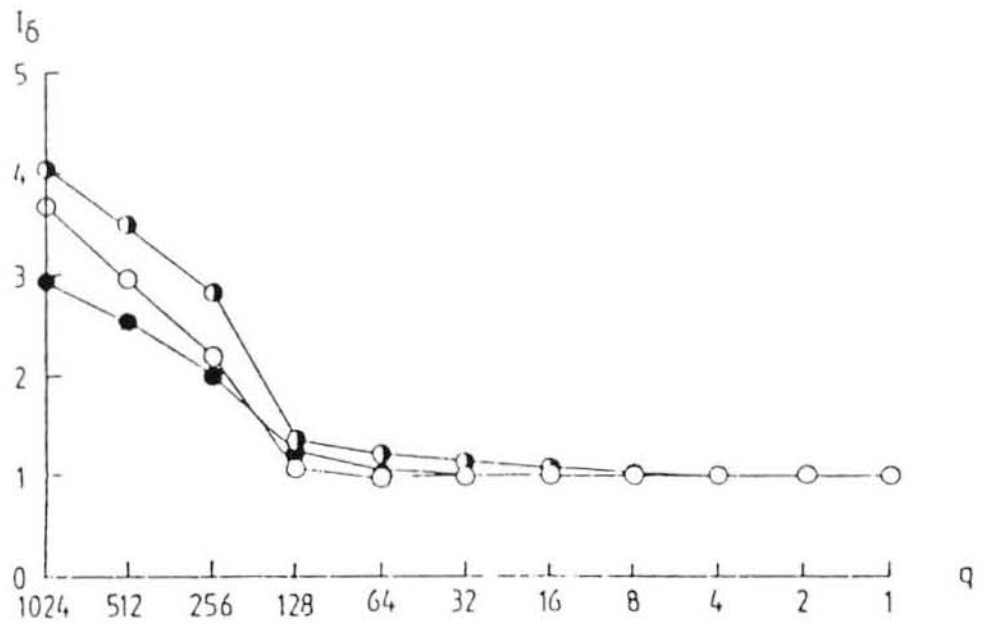
第 2-15 図 I_δ の算出結果(羽二重14刃)



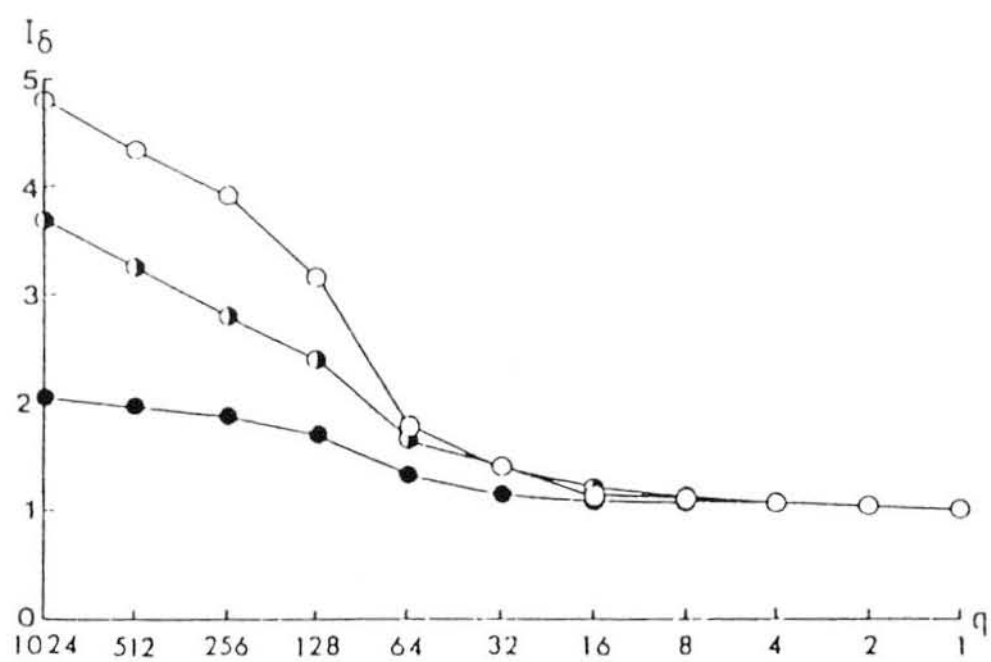
第 2-16 図 l_b の算出結果(羽二重6刃)



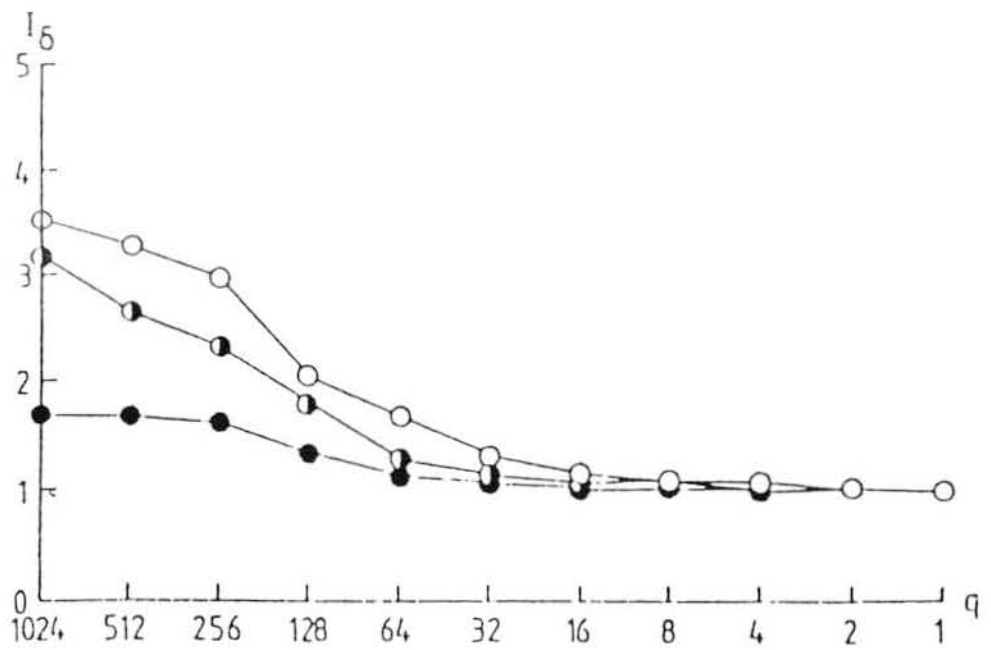
第 2-17 図 I_δ の算出結果(クレープデシン)



第 2-18 図 I_δ の算出結果(フラットクレープ)



第 2-19 図 I_{δ} の算出結果(天竺編)



第 2-20 図 I_δ の算出結果(トリコット)

すると、全体の集団配置の傾向は弱くなり、集団内も Poisson 配置に移行してくる。

編物は外部から力がかからない状態では糸が立体的なループを作っている。圧力が小さいときはこのループのもっとも布の面から突き出した部分だけが接触するために、接触部が凝集集団を作ると考えられる。圧力が大きくなると糸のループが平らにつぶされるので、全体的に均等に接触するように移行すると考えられる。

2.4 考察

接触状態と接触感についてその関連性を検討した。

圧縮による接触状態の変化については、ガラス面のような硬い物質と布の間の接触を測定しているが、手で布に触れる場合には皮膚の変形により、ガラス面への接触状態よりも深く入り組んで接触することが予想される。人が手で触れて「凹凸感」や「滑り感」を検査するときはそれほど荷重はかけていないが、以上のことを考慮すると、測定された接触状態と官能検査との比較においては、圧力の小さいところから大きいところまで、総合的に判断することが重要と考えられる。

とくに柔らかいと評価された天竺編とトリコットの編物は低圧力の時接触面積が小さく、圧力と共に接触面積の増加が著しい。このように接触面積の変化が大きい布は、手を触れたとき、布と触れる面積の変化が大きく柔らかく感じると考えられる。

また、天竺編とトリコットは暖かいと評価されているが、厚さも厚く含気率も大きいことに加え、低圧力での接触面積が小さいので、接触面を通して

伝導する熱の移動が少ないため、接触温感があると考えられる。

凹凸感と I_s との関係については、凹凸感の大きいものから順に上げるとクレープデシン、フラットクレープ、羽二重6 匁となる。これらの布は、 I_s の値が $q=1$ から 128 までは平坦で 128 から急激に増大している。このようなものは、明瞭な小さな凝集構造を持っており、最も凹凸感のないと評価された綾羽二重の平坦な I_s 変化と際だった対照を示している。他の布の I_s 変化は、これらの中間の I_s 変化を示している。このように I_s の変化パターンは、凹凸感を評価する指標となっていることが分かる。

滑り感もまた、 I_s の q にたいする変化と一定な関係にある。即ち I_s の平坦な綾羽二重のようなものは、接触部がマクロにもミクロにもランダムに存在しているため滑り感があり、一方ミクロな凝集構造を持つようなクレープデシンやフラットクレープは滑り感が少ないと評価されている。

2.5 文献

長谷川政美、種村正美(1986)：(1)動物—その適応戦略と社会・なわぼりの生態学、p.206、東海大学出版会、東京。

Hertz, H.(1881): Über die Berührung fester elastischer Körper, Z. Reine U. Angen. Math., 92, 156-171

Morishita, M. (1959): Measuring of the Dispersion of Individuals and Analysis of the Distributional Patterns, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.) vol.2, No.4, 215-235

日本繊維機械学会・布の風合い編集委員会(1972)：布の風合い —基礎と実際—、p.351.、日本繊維機械学会、大阪。

SHIMIZU,Y.,SHIMIZU,H. and KONDA,A.(1986): Application of Image Processing to the Research of Contact Behavior Between Fabric Surface and Flat Hard Surface, Sen-i Gakkaishi, 42, T643-T650

清水義雄、関口定、林誠、石川忠、古川貴雄、鳥羽栄治、近田淳雄、清水裕子(1988)：絹織布の接触感と接触状態、日蚕雑、57, 519-527

増山英太郎、小林茂雄(1989)：センサー・エバリュエーションー官能検査へのいざないー、p.297, 垣内出版、東京

日科技連官能検査委員会(1973): 新版官能検査ハンドブック、p.920.、日科技連、東京

第3章

絹布接触状態画像の容量次元と滑り感

3 絹布接触状態画像の容量次元と滑り感

3.1 はじめに

前章で布の表面接触では多数の小さな接触部が生じていることをのべた。そしてこれらの接触部の配置状態が接触感に影響すると考えられる。ここでは接触部が集合してどのような図形を構成しているかという視点から布の表面状態を捕らえることを考える。

図形の特徴の中で重要なものの一つに次元がある。曲線は一次元図形、三角錐は三次元図形というように次元で図形を区別することは図形の根本的な分類としてよく行われている。この分類を直感ではなく計量的に算出する方法として容量次元の考え方がある。接触感の違いを接触部が構成する図形の次元の違いとして捕らえることを試みた。

3.2 理論

3.2.1 図形の分割による次元の計量

線分、正方形、立方体をそれぞれ 1、2、3 次元図形の代表として取り上げる。これらの図形の一辺を 2 等分してできる図形の大きさを見てみる。線分では半分の長さの線分が 2 本できる。正方形の場合は縦横の辺をそれぞれ 2 等分するのであるから縦横の辺の長さがともにもとの半分の長さの正方形が 4 個生ずることになる。立方体では各辺を半分の長さにするので 8 個の小さな

立方体に分割される。辺の長さの 2 等分によって生じた図形の数、2、4、8 はそれぞれ 2^1 、 2^2 、 2^3 と書ける。この指数部の数値が元の図形の次元と一致する。このように分割によって生じる図形の数からその図形の次元を求めることができる。

3.2.2 容量次元の定義

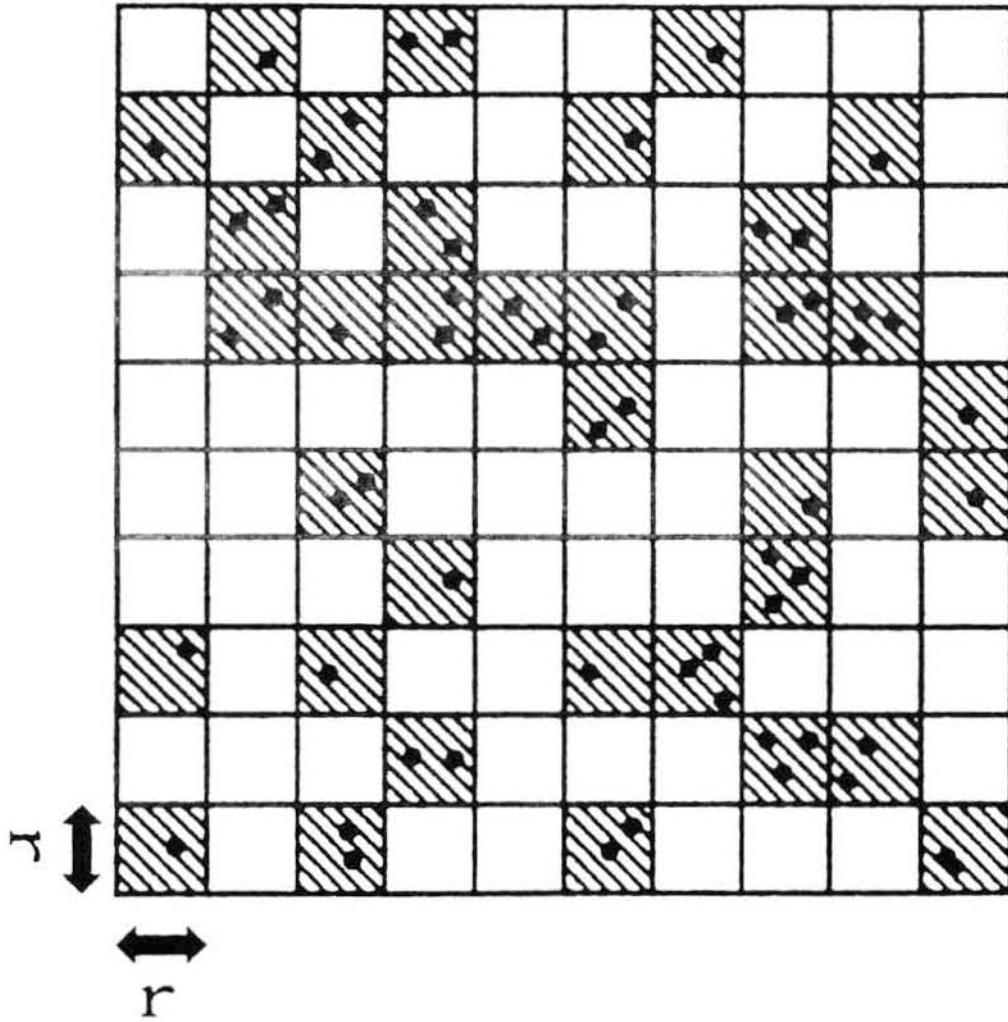
ある二次元領域の中に図形が配置されているとする。この領域を一辺の長さが $r(>0)$ であるような正方格子で小領域に区切る。この小領域中に対象図形の一部が含まれているものの総数を格子の大きさ r の関数と考えて $N(r)$ とする。 r を変化させたときの $N(r)$ が

$$N(r) \propto r^{-D} \quad (3-1)$$

なる関係を満たすときこの図形は D 次元図形であるという(高安、1986)。この D 値は図形の置き方や、形状などには影響を受けない。図形そのものが何次元的であるかだけを抽出できる。

3.2.3 点の集合体の容量次元

多数の点の集合によって図形を構成している場合は $N(r)$ はその中に少なくとも一つの点を含む小領域の数である。第 3-1 図に示したように領域全体を格子で区切って、その中に少なくとも一つの点を含んでいる区画を斜線で示したがこの斜線の区画の総数が $N(r)$ である。たとえば、平面を埋め尽くすような点の集合を考えると r に依らず、区画したすべての小領域に点が含まれる。つまりこの場合は $N(r)$ は区画の総数となるがその数は各区画の面積 (r^2)



第 3-1 図 $M(r)$ の定義

に反比例するので D の値は 2 となる。

3.2.4 図形が有限であることによる影響

3.2.4.1 点の数が有限であることによる影響

有限な領域中に有限な数の点が配置されている場合は上記(3-1)式が成立する r の範囲に制限がある。

(3-1)式では $D > 0$ の場合、 r を小さくすれば $N(r)$ は無制限に大きくなる。しかし点の数が有限(N_1) であると、 r を十分小さくすれば $N(r) = N_1$ とすることができる。それ以後は r をいくら小さくしても $N(r)$ はこれ以上大きくならない。つまり点の数が有限個の場合ではその点の数が $N(r)$ の上限である。

3.2.4.2 領域の大きさが有限であることによる影響

また、領域が有限ならば領域内の区画数も有限である。そして $N(r)$ は総区画数よりも大きくなる。対象とする領域が正方形でその一辺の長さが L であるとする。一辺の長さが r の正方区画の総数は $(L/r)^2$ で、 $N(r)$ はこれと等しいか小さい。

3.2.4.3 $r-N(r)$ の変域と値域

以上のことから r が小さなところでは点の数 N_1 によって $N(r)$ の上限が決まり、 r が大きくなると総区画数 $(L/r)^2$ によって $N(r)$ の上限が決まることがわかる。また、 $N(r)$ は自然数であり $r > 0$ である。これらの条件は両対数グラフにプロットした図では台形の領域内にグラフが描かれることに対応する。

さらに、実際の接触状態画像は 512×512 画素に量子化されているので r は $[1, 512]$ の区間内である。

3.2.5 点配置図形の $r-N(r)$ 曲線

いま対象とする領域内にある $D (> 0)$ 次元図形を考えて、この図形内の任意

の位置に N_1 個の点があるとする。元の図形によってこの点の集合に対する $N(r)$ がどのように変化するかを考察する。

3.2.5.1 二次元図形内の点配置

まず元の図形が 2 次元図形の場合を考える。図形として対象としている二次元領域そのものを考える。この中の任意の位置に点が配置できると考える。点はランダム、独立に配置されるものと考えたと区画内の点の数は Poisson 分布

$$p(k; \lambda) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad (3-2)$$

に従う。区画の一辺の長さを r 、正方領域の一辺の長さを L 、とすると、一区画あたりの平均の点の数 λ は

$$\lambda = \frac{r^2}{L^2} N_1 \quad (3-3)$$

であるから、少なくとも一つの点を含む区画の総数の期待値は

$$N(r) = \frac{L^2}{r^2} (1 - e^{-\frac{r^2}{L^2} N_1}) \quad (3-4)$$

である(Sakaguchi *et. al.*, 1996)。

3.2.5.2 一次元図形内の点配置

もう一つの例として、配置が一次的である場合を考える。一次元図形としては単純な例として線分を考える。そして、この線分上に点を配置することを考える。 c 本の水平線分上に点をランダムに配置させるが、この場合、線分が通過している区画の数は

$$c \frac{L}{r} \quad (3-5)$$

であり、これが配置に関与する。これらの区画内の平均の点の数は

$$\lambda = \frac{r}{cL} N_1 \quad (3-6)$$

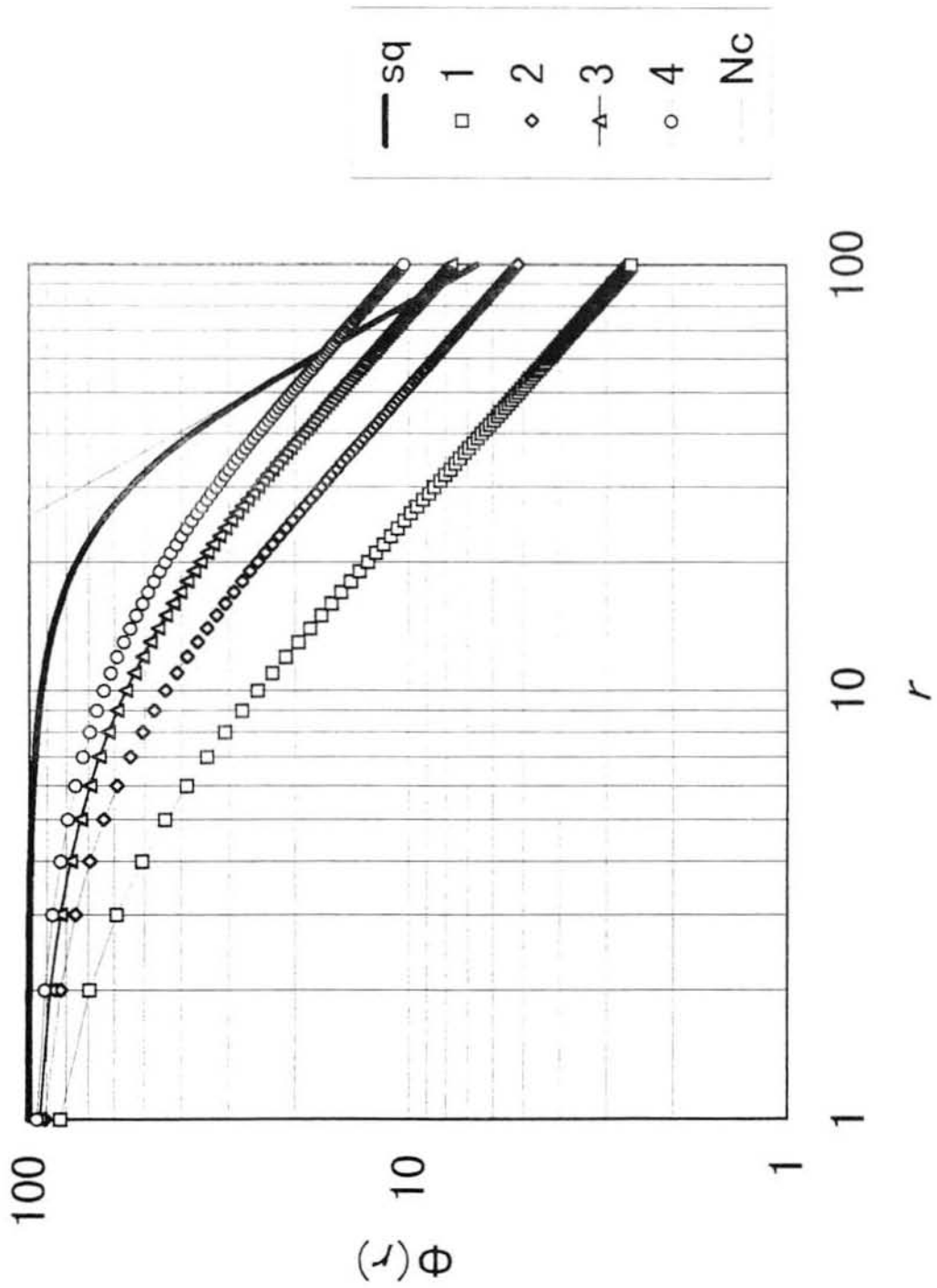
である。少なくとも一つの点を含む区画の数はポアソン分布から

$$N(r) = c \frac{L}{r} (1 - e^{-\frac{r}{cL} N_1}) \quad (3-7)$$

であることがわかる。

3.2.5.3 r - $N(r)$ 曲線のパターン

上記で得られた(3-4)および(3-7)式の $N(r)$ をプロットしたものを第 3-2 図にしめす。二次元的な点配置の場合に相当する(3-4)式を両対数グラフにプロットすると $N(r)=N_1$ と $N(r)=(L/r)^2$ の二つの直線に内接する曲線を描く。一方、



第3-2図 配置状態による $\Phi(r)$ の変化

配置が一次的であれば $r-N(r)$ 図の中間部分に傾き-1 の直線部分が現れる。
(3-7)式の場合は c と r の値の組み合わせ、特に両者がともに大きな値になると $N(r)$ が形式的に $(L/r)^2$ を超えてしまう。これは複数の線分を領域中に想定して(3-7)式の導出を行った際、 r を大きくしたときに一つの区画内に複数の線分が含まれる場合を無視して(3-7)式を得たためである。(3-7)式の $N(r)$ が $(L/r)^2$ を超える範囲では $N(r)=(L/r)^2$ であると約束することにする。

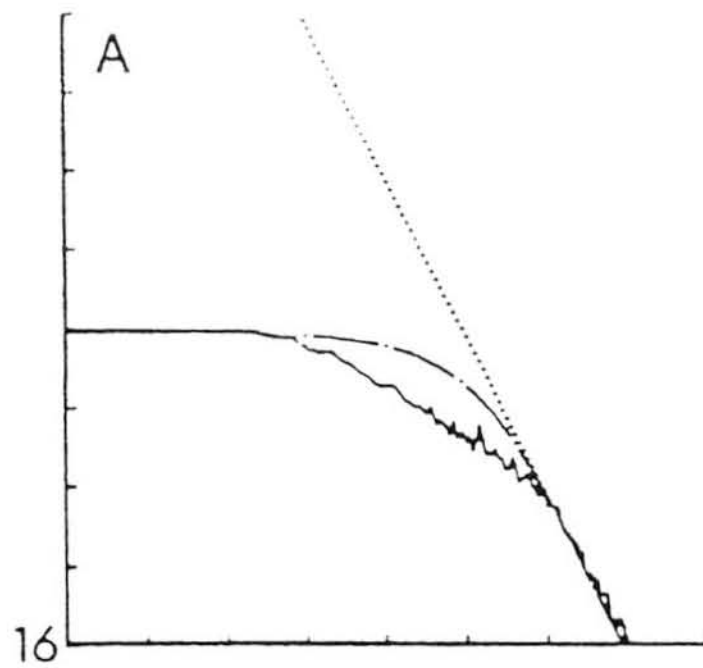
3.2.6 視点による図形の見えかたの変化

先に有限個の点の集合で構成している図形においては r を小さくして $N(r)=N_1$ とすると以後は r を小さくしても $N(r)$ はこれ以上大きな値にならないことを述べた。これはこの手法の欠点ということではなく、有限個の点集合体の特性そのものに起因するものである。 r を小さくするという事は微視的に図形を見るということである。点が集合して構成している図形を微視的に見れば点そのものが見える。一方、 $N(r)$ が増加しないということは $D=0$ ということになり、点が 0 次元図形であるということと D 値が整合している。このように微視的に見たり、巨視的に見たりすることで次元が変化するような図形もある。有限個の点の集合体はその一種である。

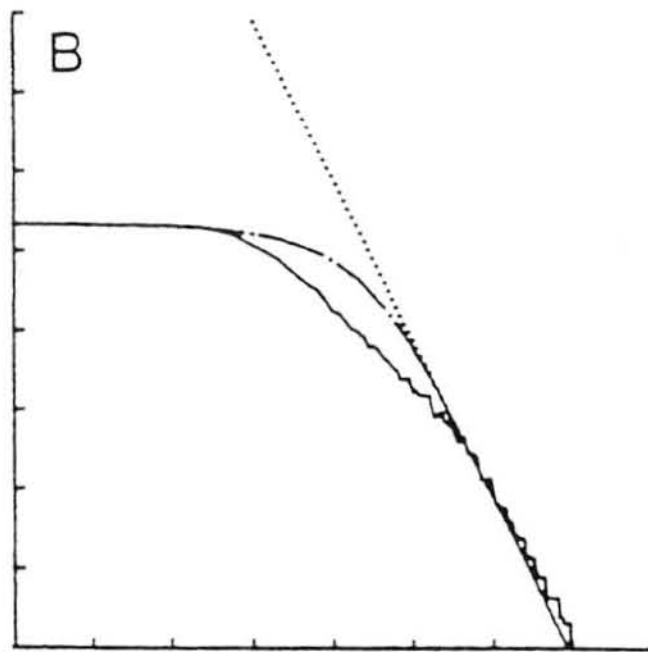
3.3 結果

3.3.1 $r-N(r)$ プロット

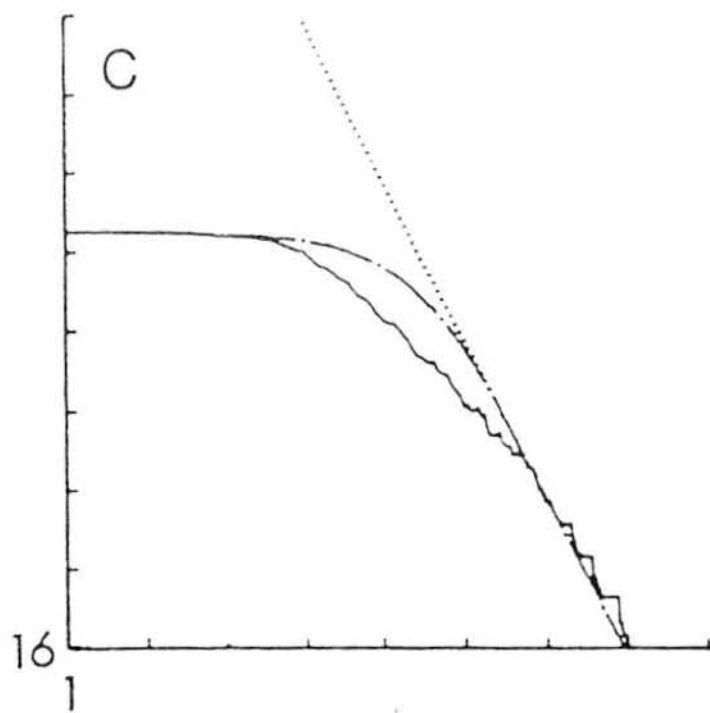
接触状態画像から $r-N(r)$ の関係を計算し、両対数目盛りでプロットしたのが第 3-3 図から第 3-6 図である。細線で図示した傾き-2 の直線は画像中の区画総数である。また $N(r) < N_1$ なので実測データの $r-N(r)$ 図は上記の破線、 $N(r)=N(1)$ 、 $r=1$ 、 $N(r)=1$ の 4 本の直線で囲まれた台形の範囲内にしか存在で



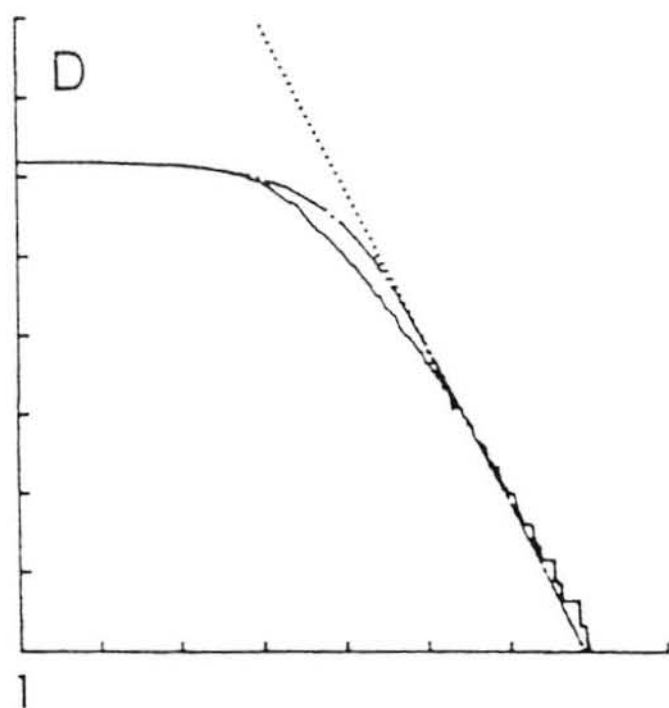
第 3-3 図 $r-N(r)$ プロット
 (フラットクレープ、荷重 $2\text{kgf}/\text{cm}^2$)



第 3-4 図 $r-N(r)$ プロット
(フラットクレープ、荷重 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$)



第 3-5 図 $r-N(r)$ プロット
 (天竺編、荷重 $2\text{kgf}/\text{cm}^2$)



第 3-6 図 $r-N(r)$ プロット
(天竺編、荷重 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$)

きない。接触部の数が $N(1)$ でランダムに配置されていたとしたときの $r \cdot N(r)$ 曲線を太線で図示した。実測値の示す性質はこの曲線や上述の台形との関係から読み取ることが出来る。特に台形を構成する直線のうち $N(r)=N(1)$ と傾き -2 の直線の交点付近での実測値の挙動に特徴が現れる。

3.4 考察

試料からの計算値でも $N(r)=N(1)$ と $N(r)=(L/r)^2$ に由来する二つの直線に内接するような曲線となる。この曲線はこれらの直線の交点の近くで屈曲するが、その屈曲の様子が試料や接触応力によって変化する。

フラットクレープの荷重が 2kgf/cm^2 の場合（第 3-3 図）では中間部分での $N(r)$ の変化が傾き -1 より小さい。荷重が増加して 20kgf/cm^2 になると（第 3-4 図）傾きも増加し、一次元的な配置を意味する傾き -1 の直線部分が見られる。荷重が小さな時の D は 1 よりも小さいがこれは接触部の配置が 0 次元と 1 次元の中間的な配置状態にあることを示している。点が線状に配列するが点が配置されない空間もいたるところにあるような図形であり、このような図形の代表的なものにカントール集合があるがこれに類似した構造であるためにこのような結果になっている。

フラットクレープの荷重が増加した場合は一次元的な配置に近くなる。線状に接触部が配置していると期待できる。第 2 章で示した実際の接触状態画像を見ても接触部が曲線にそって配列している様子がわかる。

天竺編の場合は接触応力が 2kgf/cm^2 の時（第 3-5 図）にすでに直線部分の傾きが -1 に達している。編み物では網目のループの形状にそって曲線状に接触がおこるためである。

一次元的な図形にそって個体が配置される場合はもとの一次元図形がどのような曲線であるかということは D の値に通常影響しない。

荷重が増加すると（第 3-6 図）2次元配置のときに予想される曲線に近づき、配置状態が質的に変化していることがわかる。

前章で接触部の配置状態と滑り感との間には、滑り感の感じられるものは接触部の配置がランダムに近く、滑り感の乏しいものは接触部が集団を作る傾向があることを示した。しかしその集団がどのようなものであるかについては言及していない。容量次元を調査する方法では集団の特性を接触部が構成する図形の次元という形で捕らえることが出来る。つまり、滑り感の感じられる場合は接触部が二次元的な配置をしている。一方で滑り感の乏しい場合には $r-N(r)$ 図において傾きが -1 前後の直線部分が存在することから接触部が一次元的な図形を構成するように配置していると見ることが出来る。人がものに触った時の滑りの感覚は指を滑らせようとした時の皮膚に与える刺激の度合に影響され易い。触感は皮膚を押す荷重に勾配があるところで感じられる。布に触れたときには接触部の配置にしたがって荷重の分布が生じるが人間の触感の分解能には限度があるので荷重の勾配が一定の強さとまとまりを持たないと刺激を感じない。接触部が一次元的な図形を構成しているような場合にはその図形の法線方向に荷重の勾配が出来るので刺激を感じることが出来る。一方で、接触点が二次元的に配置されていると荷重の分布が複雑に入り組むようになり、低い分解能でみた場合に全体として荷重が一定になっているのと区別がつかなくなると考えられる。

実際の製品の消費性能を検討する際にも皮膚にあたえる刺激の大きさは重要な問題となる。この様な観点からも接触部の配置状態を観察する今回の方法は人手に依らない接触感の判定に有効であると考えられる。

3.5 文献

- 日本繊維機械学会・布の風合い編集委員会(1972)：布の風合いー基礎と実際
一、p.351.、日本繊維機械学会、大阪
- 坂口明男、林誠、清水義雄、近田淳雄、清水裕子(1992)：絹編織布の接触状態と接触感、日蚕雑、61、312-320
- 坂口明男、清水義雄、近田淳雄(1993)：絹布の接触状態画像の細胞分割による解析、日本蚕糸学会第63回学術講演会講演要旨集、p.39
- SHIMIZU, Y., SHIMIZU, H. and KONDA, A. (1986): Application of Image processing to the Research of Contact Behavior between Fabric Surface and Flat Hard Surface, Sen-i Gakkaishi, 42, T643-T650
- 清水義雄、関口定、林誠、石川忠、古川貴雄、鳥羽栄治、近田淳雄、清水裕子(1988)：絹織布の接触感と接触状態、日蚕雑、57、519-527
- 高安秀樹(1986)：フラクタル、p.186、朝倉書店、東京

第4章

接触部の大きさを考慮した絹布の接触状態評価法

4 接触部の大きさを考慮した絹布の接触状態評価法

4.1 はじめに

2次元空間内に配置している個体の配置状態を議論するときには通常それらの個体を点とみなして分析する。しかし、接触部の大きさは多様でそれらが同等に接触に寄与しているとはいえない。ここでは接触部の大きさを考慮した配置状態の分析法を考察し、これによる接触状態の記述を試みた。

4.2 理論

4.2.1 接触状態画像と区画内個体数法

接触状態画像の接触部はある程度の大きさを持ったものである。この大きさを無視して配置を検討するのが区画内個体数法である。区画内個体数法では分析対象のデータとなるのは個体の位置である。大きさを持つ接触部をこの方法に適用するために各接触部をその重心点で代表させることをおこなっている。接触画像を分析するとき各接触部を点とみなすと理論的に検討するには都合がよいが、反面以下のことが問題となる。

第一の問題は画像中の雑音によるものである。撮影された接触状態画像に含まれる雑音成分によって点状の小図形が発生する。これらの図形も真の接触部図形と同様に重心点が算出されるが一旦座標情報になってしまうとそれが真の接触部であったのか、雑音図形なのかが判別できない。そのため雑音図形と接触部が同じ影響力で計算結果に作用してしまう。

第二に問題になるのは荷重が増大して、各接触部の面積が大きくなっても重心点数のみで議論しているなのでその様子が計算結果に反映されない。

第三に複数の接触部が近接して存在するときにそれらが画像処理の際に融合する場合がある。第 4-1 図の左下の区画には本来二つの接触部があるが画像処理時の量子化や接触状態画像に含まれる雑音などによって接近している二つの接触部が架橋されて一体化される可能性がある。接触部数で議論する手法では以後、ここには一つの大きな接触部があるものとして取り扱われる。この場合に各区画内の個対数を数えると二つあるはずの接触部のうち、一方を見失っているのと同じことになってしまう。

元々区画内個体数法は各個体が区画に対して十分に小さく、また各個体を同等のものに見なしてその配置状態を検討するものであった。しかし今問題にしている接触状態画像では接触部の大きさは区画の大きさに比べて無視できるほど小さいとはいえず、大きさがそれぞれ異なる接触部は同等ではない。

以上のように今回の接触状態画像は有限の大きさを持った図形が空間内に配置されているという特長を持ち、これに適した配置状態評価法を考える必要がある。

上記の雑音の問題と一体化の問題を除くには接触部の配置状態にその大きさの情報を加味して行えばよい。雑音はデータ上では点状の小図形として現れる。また、接触部が合体してもその大きさは別々に存在していたときの合計の大きさである。よって区画内で接触部が占めている領域の大きさをもとに判定する方法を考えることとした。

4.2.2集中度の定義

ある有限な二次元平面内に有限な面積を持つ図形が複数配置され、これら

の図形が占める領域の配置状態を数量化する方法を以下に示す。

区画内個体数法に倣って今問題にしている平面を区画に分割する。区画の中で図形が占めている面積の累計を各区画について調査し、その分布から区画内個体数法における平均分散比のような指標を得ることを考える。

観察装置で得られる画像を処理する際には接触部に相当する図形(及びその面積)が画素で量子化されており、これに対応させる意味で平面を分割して得た区画をさらに微小な区画に細分割し、この微小区画を画素に対応させる(第 4-2 図)。ある微小区画が図形に属しているときに 1、属していないときに 0 となるような変数をそれぞれの微小区画に考えれば図形的面積をこの変数の和で表すことができる。これらの変数及びその和は確率変数と考える。

それぞれの微小区画が独立であれば累計値は超幾何分布にしたがう。その平均と分散は次のとおりである。

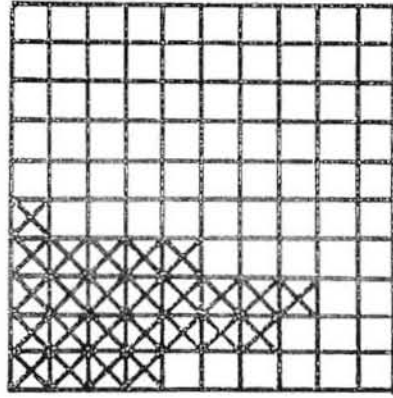
$$\mu = np \quad (4-1)$$

$$\sigma^2 = np(1-p) \frac{N-n}{N-1} \quad (4-2)$$

但し、 N は平面全体の微小区画の数、 p は微小区画の変数の値が 1 となる確率、 n は区画内の微小区画の数、 μ は平均、 σ^2 は分散である。

変数の値が 1 となる微小区画が集団になると図形を構成する。図形が無作為に配置された場合に区画内の累計図形面積が従う分布は図形内画素が互いに独立でないので上記とは異なる。その分布を知るための準備として、すべての図形的面積が等しい場合の分布を考える。図形の大きさの分だけ微小区画を連結した集団微小区画を考えて、これについて同様に超幾何法則をあては

			00	0
	0	0		
			00	



0 0 0 0
0 56 2 0
0 40 93 0
62 0 18 0

第 4-2 図 占有面積に注目した配置状態の検討

める。これは前述の式において「微小区画の数」を「集団微小区画の数」に置き換えればよいが、集団の大きさの分だけ変数に重みを与えることで次式を得る。

$$\sigma^2 = knp(1-p) \frac{N-n}{N-k} \quad (4-3)$$

但し、 k は集団の大きさである。

大小の集団が混在している場合についてはそれらの分布の総和をとる。その平均値は(4-1)式と同じだが、分散は近似的に次のようになる。

$$\sigma^2 = np(1-p) \sum_{k=1}^n ka(k) \frac{N-n}{N-k} \quad (4-4)$$

但し、 $a(k)$ は集団の大きさが k となる確率である。

(4-4)式のうち集団の大きさの分布は実測値をそのまま用いる。(4-4)式の分散 σ^2 と実測値の分散 V の比 V/σ^2 を集中度とすれば区画内個体数法の平均分散比に準じた指数として配置の特性がわかる。

4.2.3集中度の特性

集中度 V/σ^2 の特長の一例として雑音混入時の性質を示す。但し簡単のため接触部の大きさ $k(>1)$ が一定である場合について述べる。

従来の個体数の平均分散比 v/m の計算の際、元の画像データに雑音が混入するとその計算値の期待値は次のようになる。

$$\frac{v + \mu_N}{\mu + \mu_N} = \frac{\mu}{\mu + k\mu_N} \cdot \frac{v}{\mu} + \frac{k\mu_N}{\mu + k\mu_N} \quad (4-5)$$

但し、 v は実測の分散値、 μ はPoisson配置の場合の分散の期待値（つまり区画内平均個体数）、 μ_N は区画内平均雑音点数、 k は個体の大きさである。(4-5)式では μ に対して μ_N が相対的に増加すると本来の v/μ に関係なく、値が1に近づく。

一方で、個体の大きさを考慮した集中度 V/σ^2 については雑音の混入によって

$$\frac{V + \sigma_N^2}{\sigma^2 + \sigma_N^2} = \frac{V}{\sigma^2} \cdot \frac{1}{1 + \sigma_N^2/\sigma^2} + \frac{1}{1 + \sigma^2/\sigma_N^2} \quad (4-6)$$

が得られることになる。但し、 σ_N^2 は雑音の分散である。 σ^2 として(4-3)式を、雑音が点状で無作為に発生することから σ_N^2 として(4-2)式を適用してこれらの分散の比 σ_N^2/σ^2 を計算すると

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_N^2}{\sigma^2} &= \frac{nP_N(1-P_N)(N-n)/(N-1)}{knP(1-P)(N-n)/(N-k)} \\ &= \frac{1}{k} \cdot \frac{N-k}{N-1} \cdot \frac{P_N(1-P_N)}{P(1-P)} \end{aligned} \quad (4-7)$$

ただし、 P_N は全画面中で雑音の画素が占める割合、 P は接触部の画素が占める割合をあらわす。また P_N と P については

$$P_N < P < \frac{1}{2} \quad (4-8)$$

であると仮定する。(4-7)式に戻って、この式は3つの分数の積の形となっている。この中で第2の分数は接触部の大きさの条件($k>1$)より1より小さい。また第3の分数も(4-8)式の条件の下では1より小さくなる。したがって

$$\frac{\sigma_N^2}{\sigma^2} < \frac{1}{k} \quad (4-9)$$

であることがわかる。(4-9)式を(4-7)式に適用すると(4-7)式左辺は区間

$$\left[\frac{k}{k+1} \cdot \frac{V}{\sigma^2}, \frac{V}{\sigma^2} + \frac{1}{k+1} \right] \quad (4-10)$$

内であることがわかる。この(4-10)の区間は雑音の量に依らないので、普通は雑音の混入量が不明なことを考えるとこちらの方が有用と考えられる。

4.3 結果

4.3.1 接触部の大きさの調査

上記で与えられる接触部の大きさを考慮した集中度指数を計算するには接触部の大きさの分布を知る必要がある。第4-1表に接触部の大きさの分布の

第4-1表 接触部の大きさの分布の諸元

試料	綾羽二重		クレープデシン	
荷重	0.1	10	0.1	10
個対数	200	1113	112	581
接触部平均画素数	7.23	9.76	7.01	14.18
同分散	87.1	189.07	23.8	169.81
変動係数	1.29	1.41	0.70	0.92

諸元を示した。変動係数を比較するとクレープデシンと綾羽二重では前者の方が小さな値となっている。つまりクレープデシンは比較的接触部の大きさがそろっており、一方綾羽二重は接触部の大きさが多様である。いずれの試料においても荷重が増加すると変動係数も増加しており、荷重が大きいと接触部の大きさが多様になることがわかる。

4.3.2 データへの適用

このように大きさを考慮した集中度指数を実際のデータに適用した。

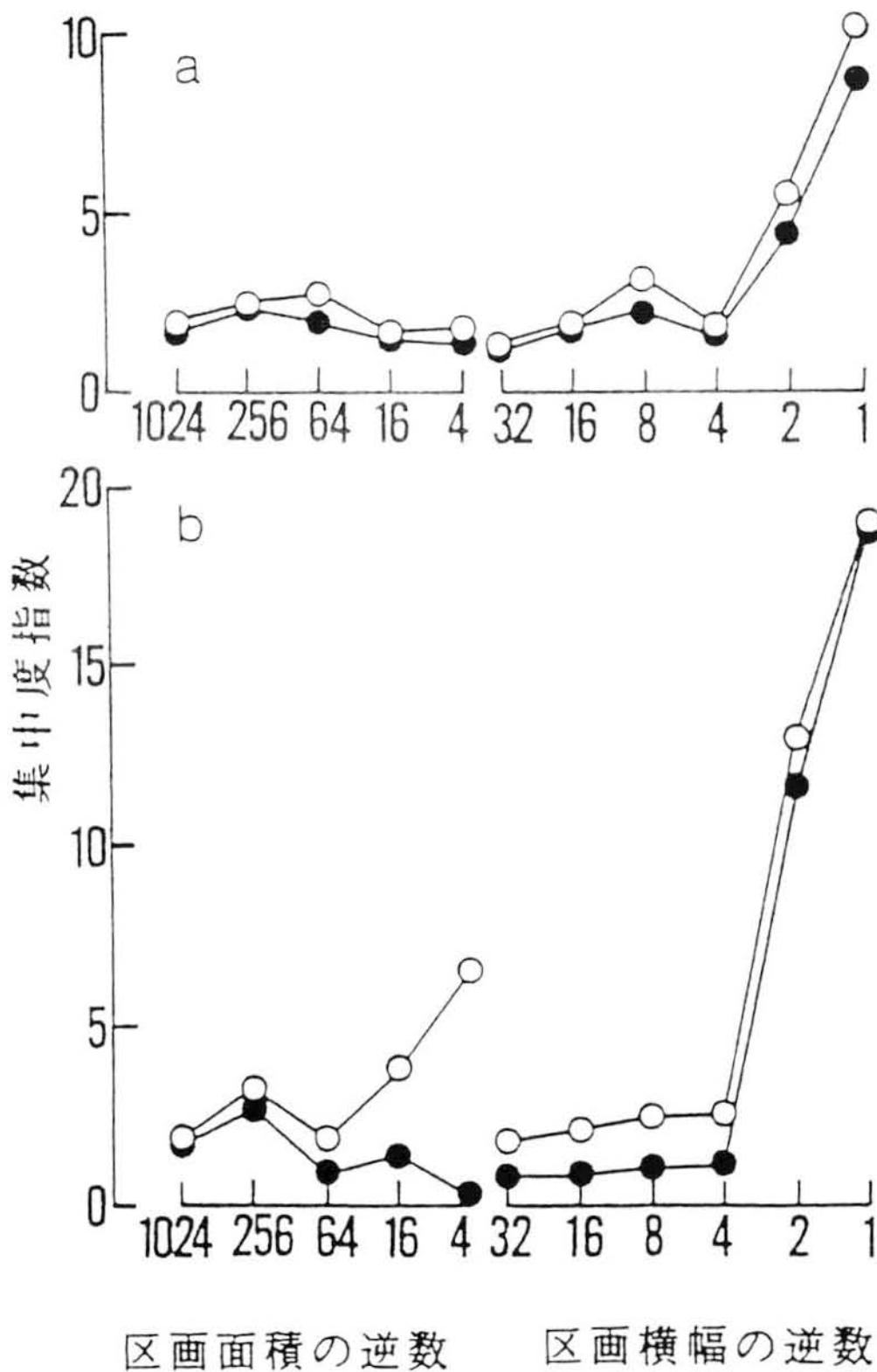
接触状態画像を正方格子で 2×2 、 4×4 、 8×8 、 16×16 、 32×32 の 5 段階の大きさを区画して計算した。分割区画の大きさを変化させることで集団の規模を知ることができる。

さらに、分割区画の大きさを全画像領域の $1/32$ に固定してその区画の縦横比を変化させる区画法でも集中度の算出を行った。区画の格子は 1×32 、 2×16 、 4×8 、 8×4 、 16×2 、 32×1 の 6 段階とした。これは接触部が帯状の集団を形成しているような場合に先の正方格子ではその状態を捉えることができないからである。

比較のために接触部の数に基づいて算出した v/m もおなじ格子を使って計算した。

クレープデシンに 0.1kgf/cm^2 の荷重を与えた場合(第 4-3 図 a)では、二つの集中度指数がほぼ同じ結果を示した。第 4-1 表に示したようにこの場合は個体の大きさが比較的そろっているのもそれぞれの個体を同等と見なす区画内個体数法との差が生じない。

荷重が 10.0kgf/cm^2 に増加すると区画の大きなところで差が生じる(第 4-3 図 b)。 v/m の値から区画内の接触部数が均等であることがわかるが、反対に



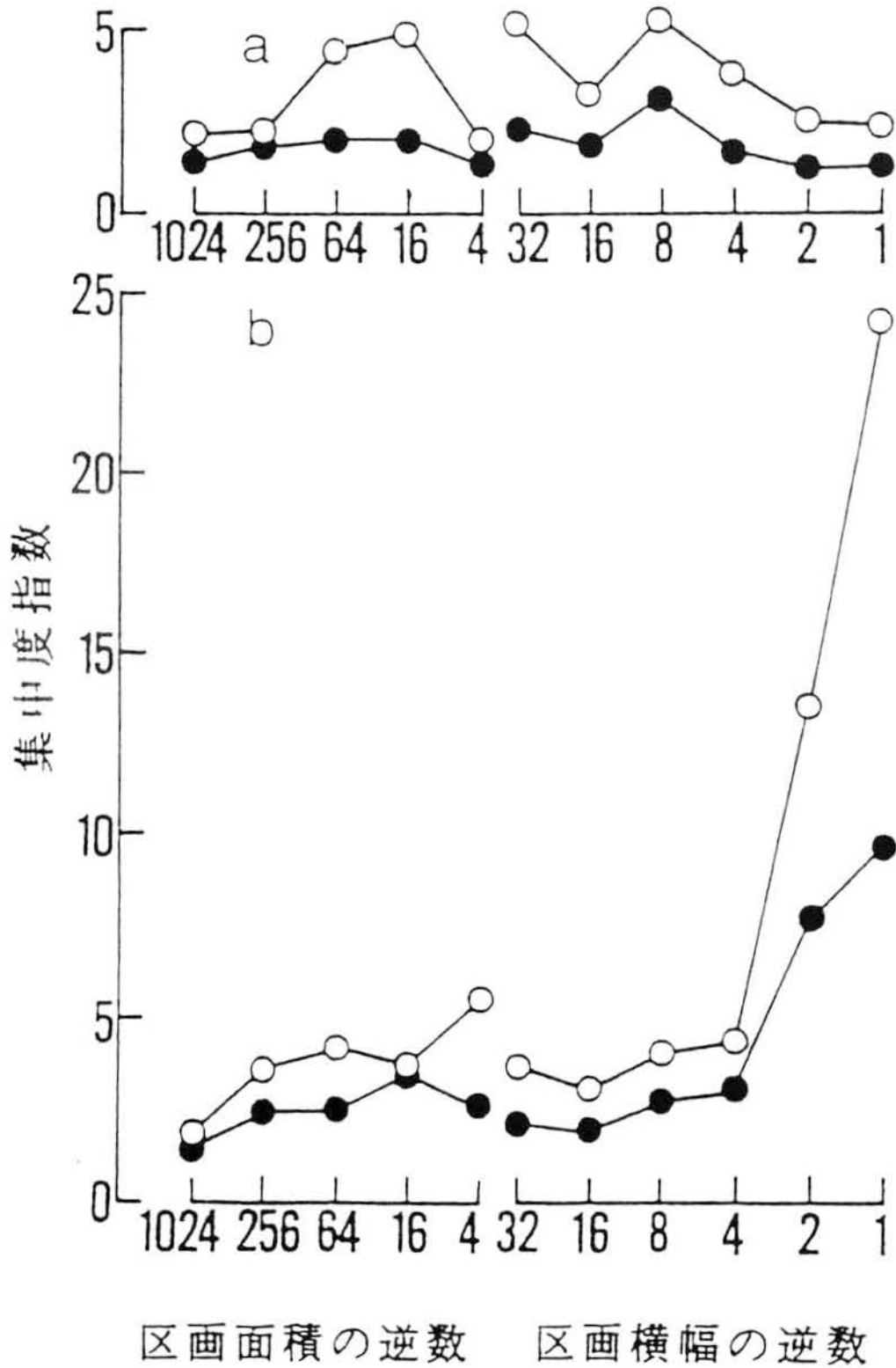
第 4-3 図 区画による接触面積の偏り
(クレープデシン)

V/σ^2 は区画によって接触面積の偏りが大きいことを示している。つまりこの差は、区画によって接触部の大きさが異なることを意味している。第 2-4 図を見ると大きな接触部が右上に多く、この様子が結果に現れている。区画の形状を変化させたグラフでは横長の区画になると集中度が大きな値をとる。これは横縞上に接触部が配置されていることを意味すると同時に実際の接触画像(第 2-4 図)とよく一致している。

0.1kgf/cm²の荷重で綾羽二重の接触状態を見た場合を第 4-4 図 a に示す。個体の大きさを考慮しない方法ではポアソン配置的であるとされていたが、今回の方法では 16 ないし 64 分割の時の集中度が集団化を示す値をとっている。綾羽二重の接触部の大きさは大小様々であり、前述の区画の大きさで見るとそれぞれの区画に含まれる接触部の大きさがそのまま集中度の計算値に影響する。しかし大きな接触部は数が限られるのでそれ以上細かい分割では大きな接触部を含まない区画が大勢を占め、区画内分散も相対的に小さくなり、集中度も再び小さな値をとる。荷重が増加すると、クレープデシンと同様に横縞を形成する(第 4-4 図 b)。

4.4 考察

クレープデシンのような強撚糸織物の場合は糸中の繊維が強く結束しており表面の繊維だけが接触に関与する。荷重が増加しても個々の接触部が拡大し、内部の繊維が表面に現れることはない。また結束が強いために、荷重の増加によって接触部の間隔が変化することもなく、隣接した接触部が一体化されることも少ない。従って、この布の接触部の大きさは比較的一様になる。この場合には個体の大きさを考慮しなくとも集中度の算出結果としては同様



第 4-4 図 区画による接触面積の偏り
(綾羽二重)

な値に帰着する。

一方で綾羽二重は無撚糸を用いており、糸中の繊維は多少動くことができる。従って、荷重を加えると糸がつぶれ、それまで糸の内部にあった繊維も表面の繊維の隙間から押し出され他の繊維と隣接した状態で接触に関与するようになる。これらの接触部は初期段階から接触していた表面繊維による接触部に比べて小さい。一方で接触部同士が隣接しているので一体化される場合もあり大きな接触部も発生する。その結果この布では大小様々な接触部が混在することになる。

大小の接触部が混在しているのにもかかわらずその大きさを無視して配置を評価しようとした従来の方法ではこの布の接触部の配置は Poisson 配置とされてきた。ある隣接した接触部が一体になって一つのもので扱われるか、別々のものと認識されるかは、様々な要因が重なり合った結果であり、多くの要因が複合関与する現象は見かけ上無作為に見えるものである。ある区画内での接触状態が、幾つの接触部で構成されているかということは、この見かけ上のランダム要因に左右されているため、そこから算出される集中度指数もその影響で無作為配置的な値をとり、接触状態を正確に反映しなくなる。

一方で区画内の接触面積の累計は接触部の合体、分離の影響を受けにくい。通常、接触部の集中があると滑り感が乏しいが前述したクレープデシンにおいて、もし接触部数のみで検討すると接触状態は均一であるから滑り感があるということになってしまう。接触部の大きさをも考慮することで、より正確に接触状態が記述され、接触感との対応を改善することができる。

4.5 文献

長谷川政美・種村正美(1986): (1)動物ーその適応戦略と社会・なわばりの生態学、p.206.、東海大学出版会、東京

坂口明男・清水義雄・近田淳雄(1992a): 絹布の接触状態の解析、日本蚕糸学会第62回学術講演会講演要旨集、p.79、日本蚕糸学会

坂口明男・林誠・清水義雄・近田淳雄・清水裕子(1992b): 絹編織布の接触状態と接触感、日蚕雑、61、312-320

SHIMIZU, Y., SHIMIZU, H. and KONDA, A.(1986): Application of Image Processing to the Research of Contact Behavior between Fabric Surface and Flat Hard Surface, Sen-i Gakkaishi, 42, T643-T650

第 5 章

区画内占有面積分布のシミュレーション

5 区画内占有面積分布のシミュレーション

5.1 はじめに

前章で接触部の配置状態の分析法として区画内の占有面積の分散を利用する方法を述べた。この方法ではランダム配置時に予想される分散の分布は個体の大きさの分布に依存するため、一般に理論的に分布を得ることが困難である。そのため、得られた集中度の指数は同一データ内での区画形状の変化による推移を相対的に見ることはできても、数値の絶対的な判断基準は 1 より大か小かという基準にとどまってしまう。そこで個体配置の乱数模擬実験を行い、区画内占有面積分布の分散がどのような値になるかを調査し、実測データとの対比によりより詳しく配置状態を評価する。

5.2 方法

5.2.1シミュレーションの概要

大きさのない個体が 2 次元空間内にランダムで独立に配置しているとする。この空間内にある一定の大きさの区画を設定してその区画内の個対数分布をとると、この分布が Poisson 分布であることが理論的に導出できる。区画内個体数法に属する手法はすべてこれを基礎に議論を展開している。

今回われわれが対象としている接触状態画像は様々な大きさの個体が 2 次元空間内に配置されているものである。このような場合にはその区画内の個

対数ではなく区画内の個体の大きさの総計（区画内占有面積）が問題となる。この区画内占有面積の分布は個体の大きさの分布に依存するので一般的な議論が困難である。そこで計算機上で実験的に個体をランダムに配置してこれを対照としてデータを検討する。

そのために、予め計算機上で乱数を発生させて個体をランダム配置したときの区画内占有面積の分布を算出する。この分布で以後の議論で重要となるのは分散値である。そこでこの分散値を多数求めておき、それを集計して分散値の分布をもとめる。この分散値の分布に対して実際の接触状態画像から算出した分散値がどのような位置を占めるのかを見ることで区画内占有面積分布が均等型か集中型かを判定することができる。

5.2.2 接触部のランダム配置

接触状態画像には様々な大きさの接触部が含まれている。シミュレーションでは接触状態画像と同じ大きさの接触部を同じ頻度で発生させる必要がある。そこで、これらの接触部の大きさの度数分布を調査した。

この度数分布にしたがって接触部をランダムに2次元領域内に配置した。ランダム配置を行った領域を区画で分割し、区画内占有面積の分布を求め、その分散を計算した。この操作を計算機上で10000回繰り返し、分散値の分布を得た。

分割区画に用いる区画は元の領域の分割数で、4, 8, 16, 32, 64, 128, 256の7種類とした。ランダム配置なので格子の区切りかたが 2×4 と 4×2 のように一区画あたりの面積が等しいものは形状が変化しても結果が一致するのでこの7種類の場合を算出しておけば 2×2 から

16×16までの範囲の各種の区画法に対応できる。

5.2.3分散の分布の特性値の算出

接触部を無作為配置して得た区画内占有面積分布の分散値の分布は非対称の分布となる。そこでこの分布の代表値として中央値 M を用いることにした。この M と接触状態画像から算出した区画内占有面積分布の分散 v の比、 v/M は以下のような性質を持つ。

各区画の区画内接触面積がほぼ一定となるような接触状態では v/M は1から0までの小さな値となる。逆にある特定の区画に接触が集中し、その他の区画では接触が少ない場合には v/M は1よりも大きな値をとるようになる。この様な性質からこの比の値を集中度と呼ぶことにした。また、実測データの接触部が無作為配置ならば v/M は1に近い値となる。

いまあるデータから v を算出したとする。このデータが実はランダム配置のデータであったとすると v の値が M よりも大きくなる確率と小さくなる確率が等しい。つまり集中度の算出対象のデータがランダム配置である場合、 v/M は1より大きな値を取る確率と1より小さな値となる確率が等しくなる。このような意味で基準として M を用いるのが適切であると考えた。

但し、区画数などが異なると分布の形も変化するので、異種のデータ間で集中度 v/M の値を直接比較することはできない。そこでこの v/M の値が無作為配置時の分布関数の中でどのような位置づけになるかを見るために分布関数の5%点(下5%点)と95%点(上5%点)をあわせて求め、これらの値も実測データの検討に併用することにした。

5.2.4実測データの区画内占有面積分布

区画内占有面積分布を調べるには接触状態画像を区画するが、この区画の方法は 2×2 、 4×4 、 8×8 、 16×16 の4段階の正方格子のほかに 4×8 等の縦横の分割数を異にした区画法も行い、合計16種類の区画法で区画内占有面積分布を求め、その分散値を算出した。

5.3 結果

5.3.1接触部の大きさの度数分布

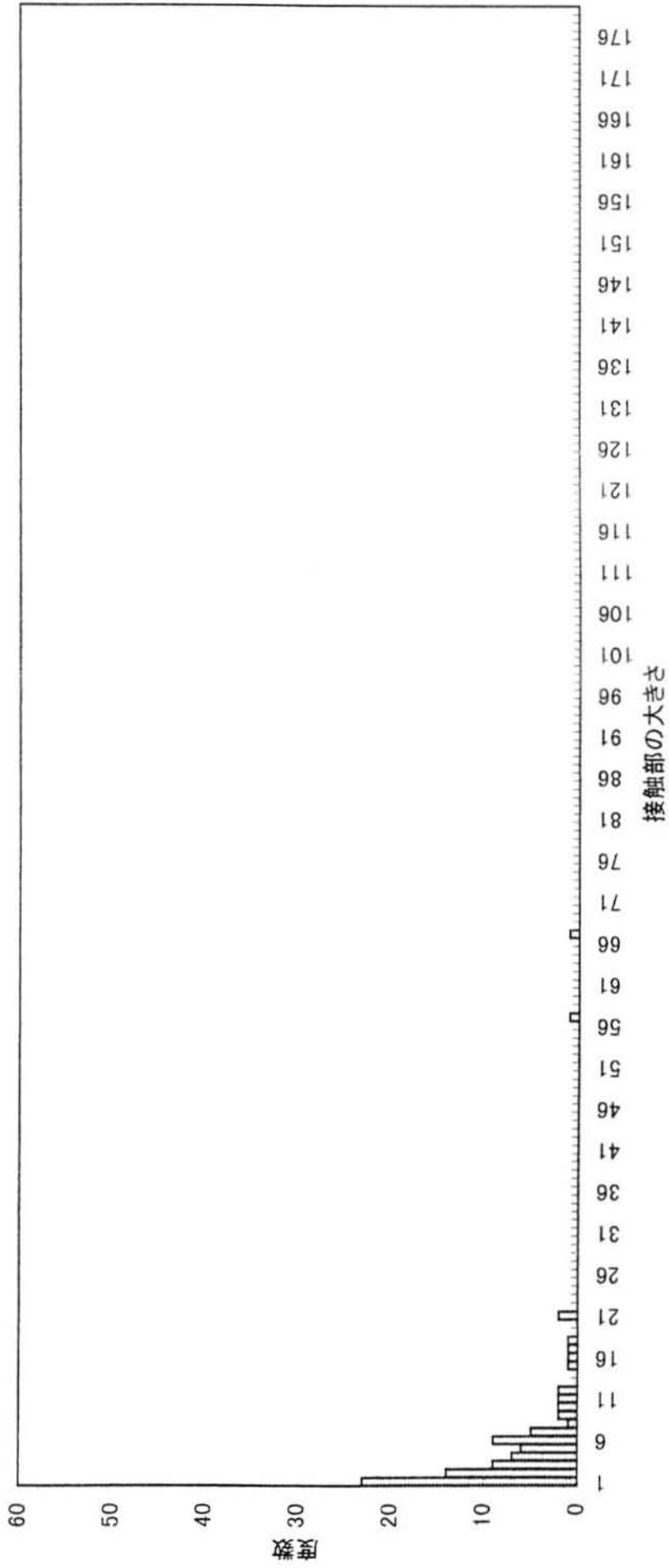
接触部の大きさの度数分布を調査した結果を第5-1図から第5-6図に示す。いずれの試料、荷重条件においても接触部の大きさの分布は右側にすそを引く型の分布である。すその部分の長さがフラットクレープの場合はそれほど長くないのに対して綾羽二重は極端に大きな接触部が発生することがあるためすその部分が長い。このような状況が第5-1表の変動係数の比較からも分かる。

5.3.2乱数模擬実験の結果

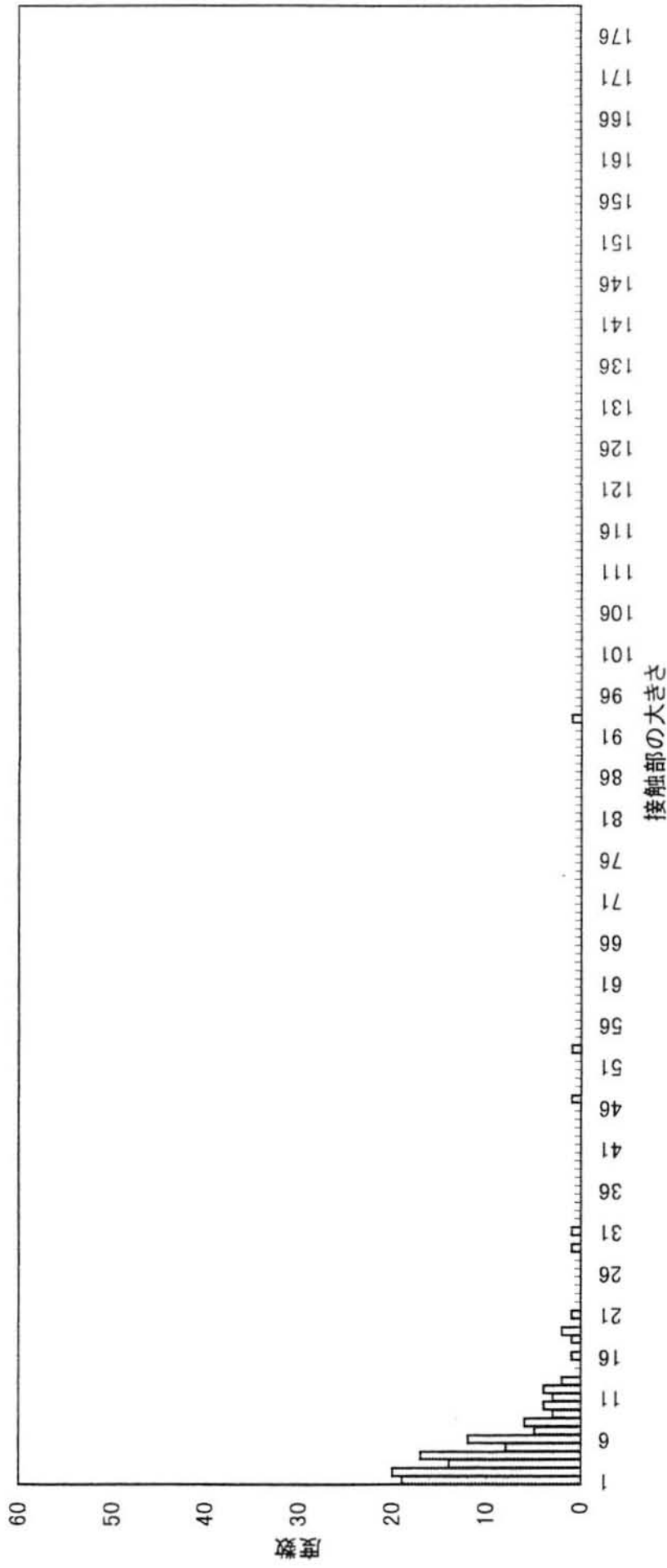
乱数模擬実験で得られた分散値の分布の特性値の一覧を第5-2表に示す。5%点と95%点の値は実際の値を中央値で除した値で表示した。分布の歪度は全て正の値となった。そのため中央値は平均値よりも小さな値となった。

5.3.3区画面積による集中度の変化との比較

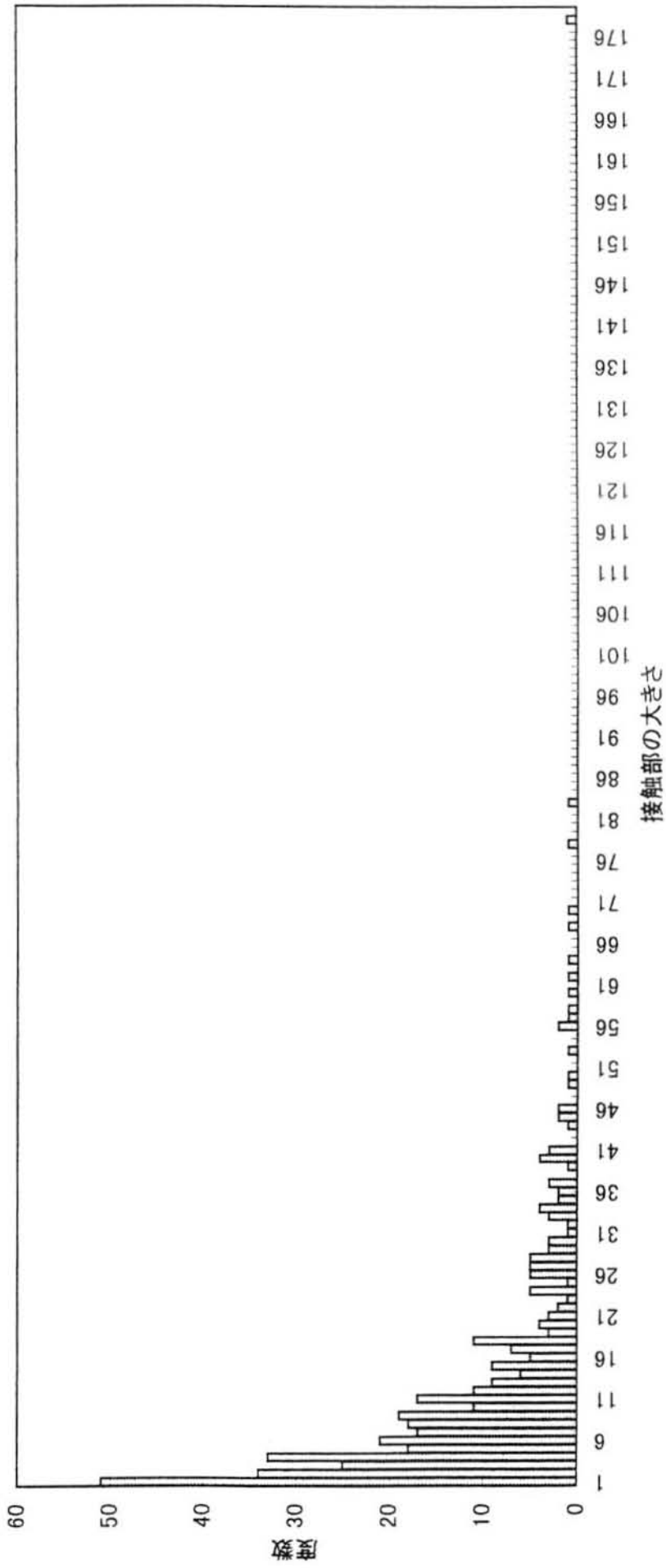
まず区画の形を正方形に固定しておき、格子の大きさを変化させた場合の結果を第5-7図から第5-12図に示した。



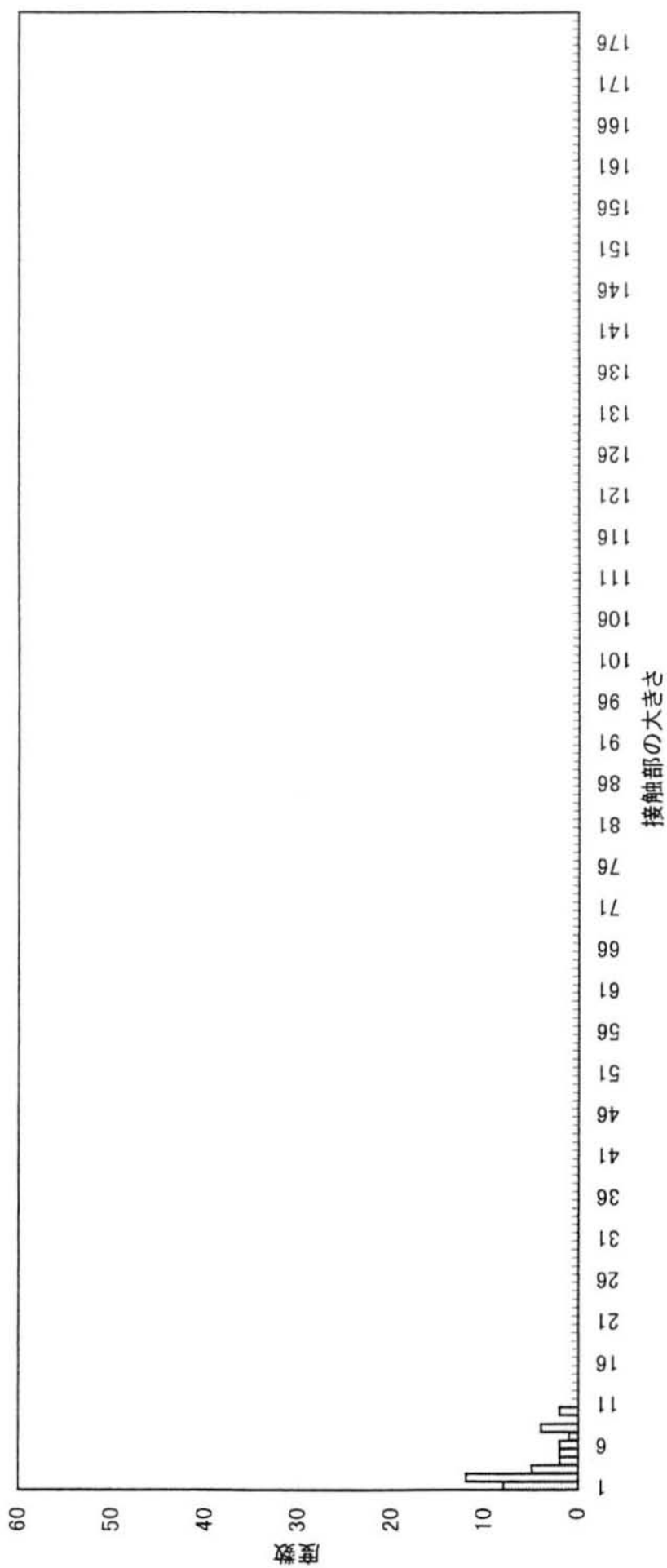
第5-1図 接触部の大きさの度数分布
綾羽二重 荷重200gf/cm²



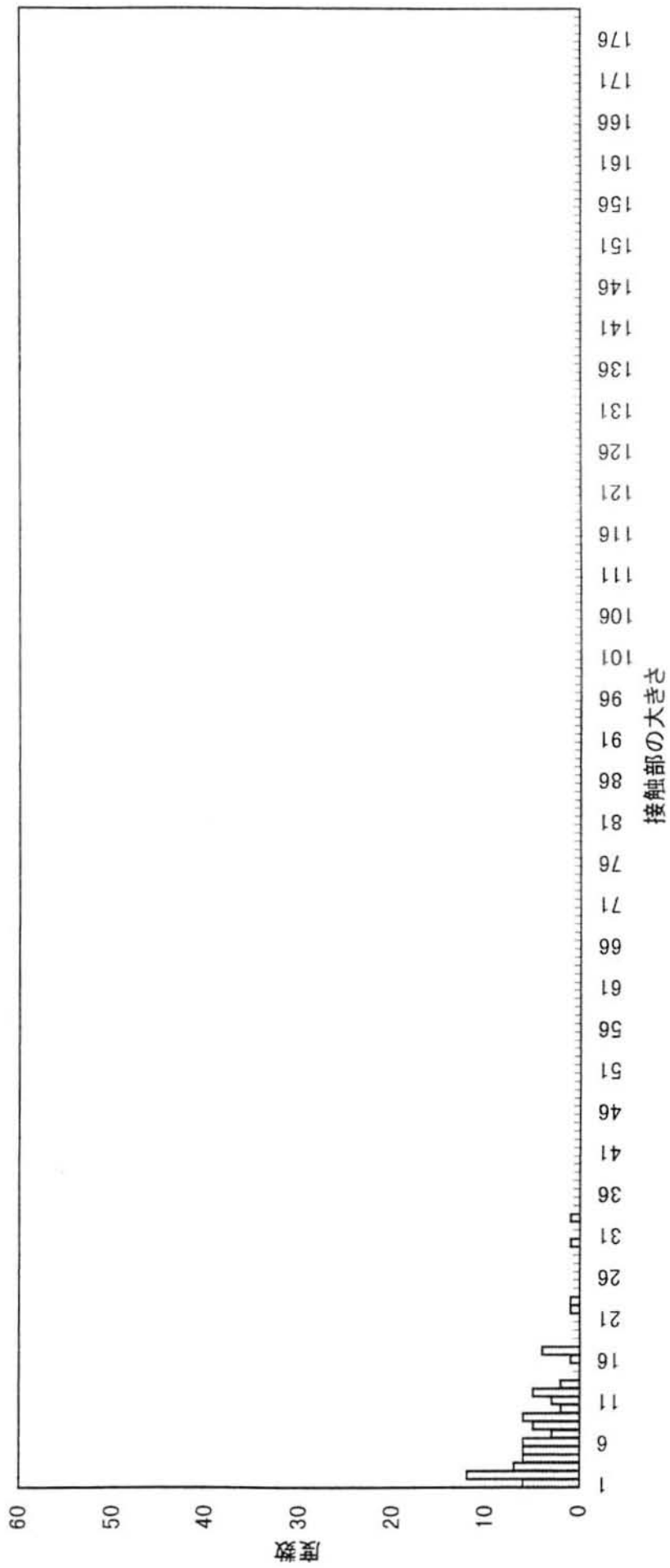
第5-2図 接触部の大きさの度数分布
綾羽二重 荷重2kgf/cm²



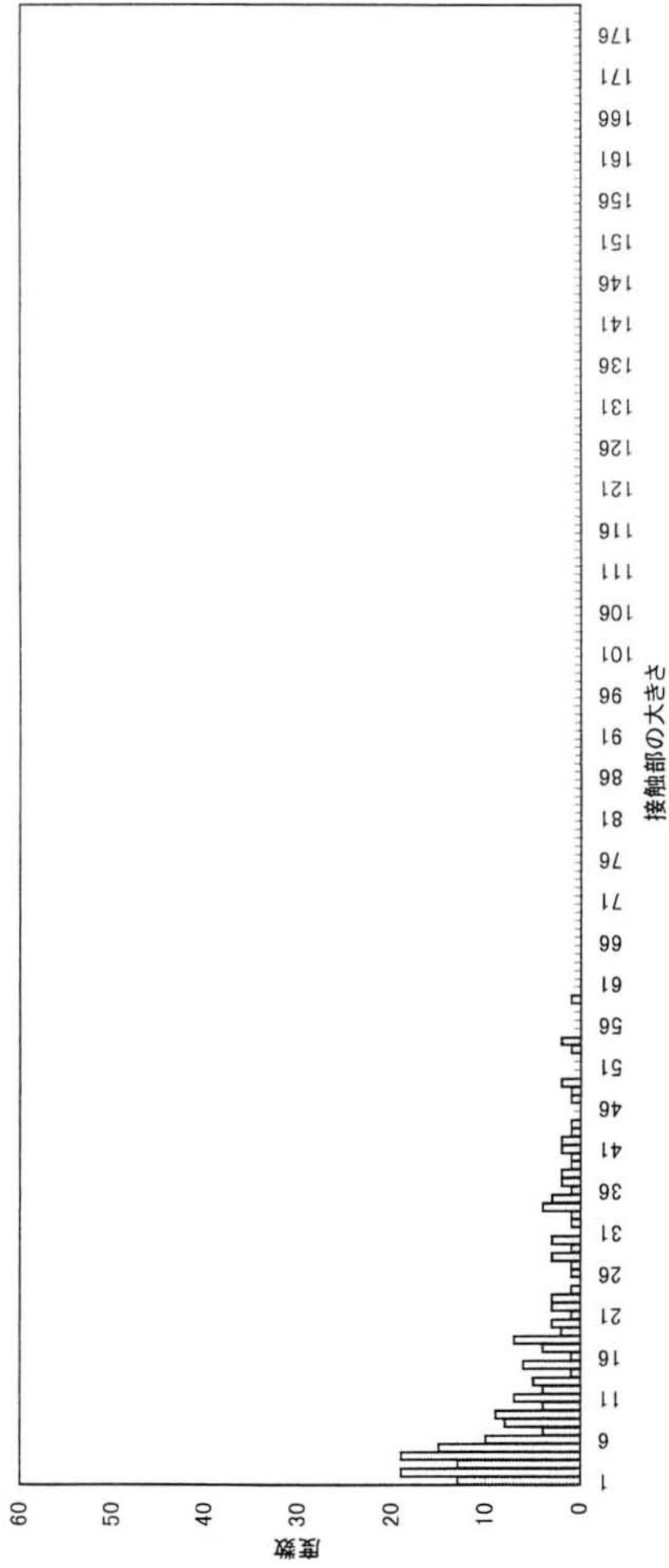
第5-3図 接触部の大きさの度数分布
綾羽二重 荷重20kgf/cm²



第5-4図 接触部の大きさの度数分布
フラットクレープ 荷重200gf/cm²



第5-5図 接触部の大きさの度数分布
 フラットクレープ 荷重2kgf/cm²



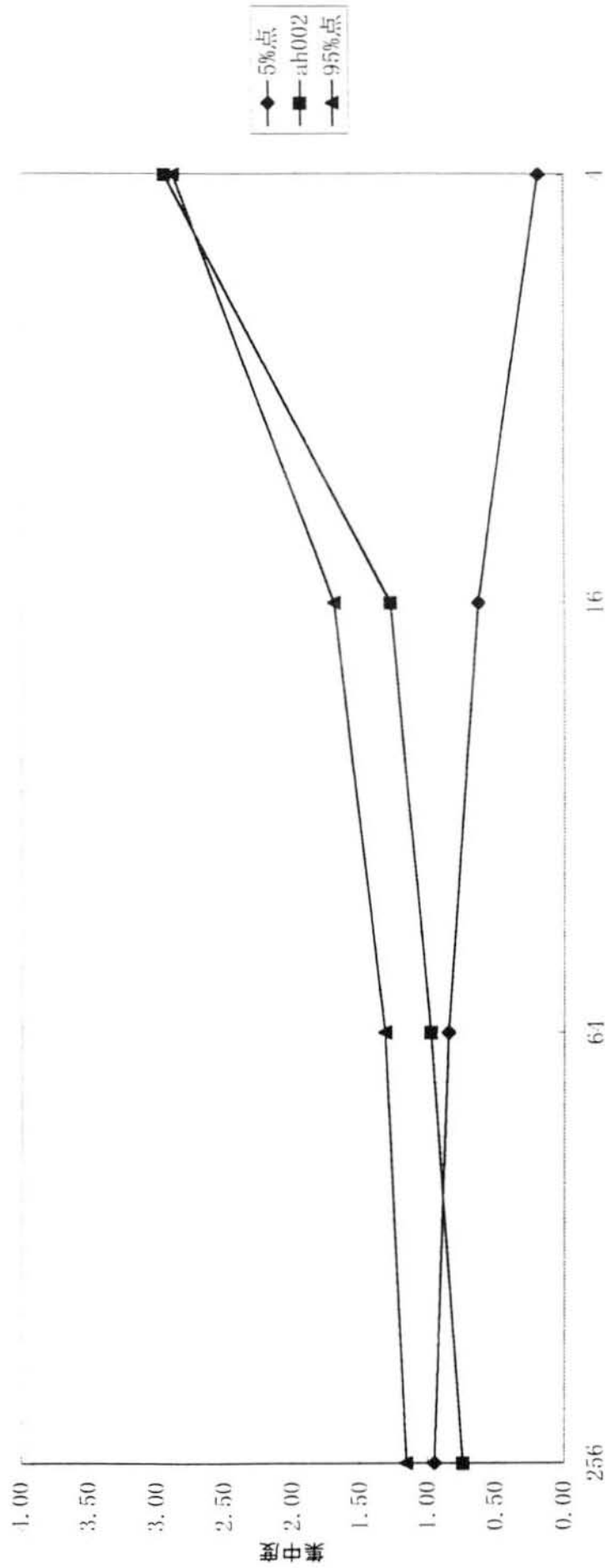
第5-6図 接触部の大きさの度数分布
フラットクレープ 荷重20kgf/cm²

第5-1表 接触部の大きさの分布

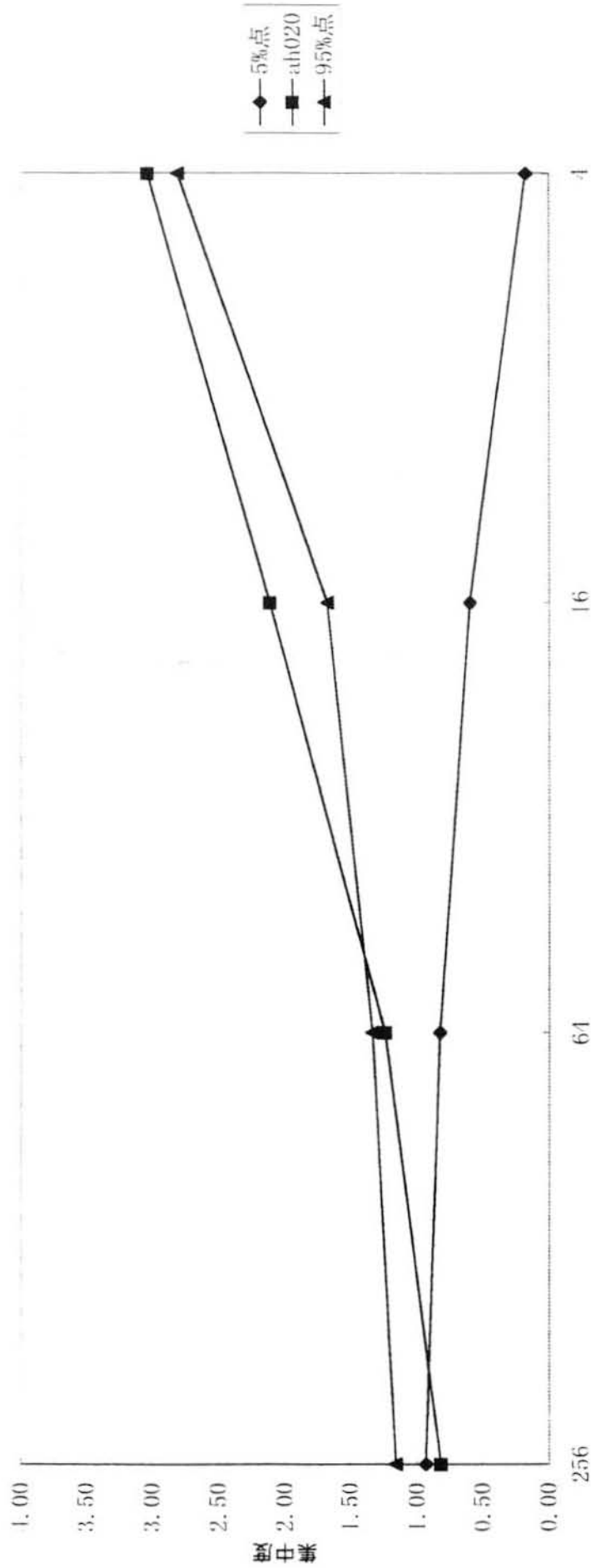
試料	綾羽二重			フラットクレープ		
圧力	0.2	2	20	0.2	2	20
平均	6.1	6.69	13	3.58	7.53	13.9
標準偏差	9.66	10.8	16.3	2.72	6.4	13.7
歪度	4.65	5.26	3.85	1.09	1.78	1.13
標本数	90	127	406	38	78	201

第5-2表 分散値の分布のシミュレーション結果

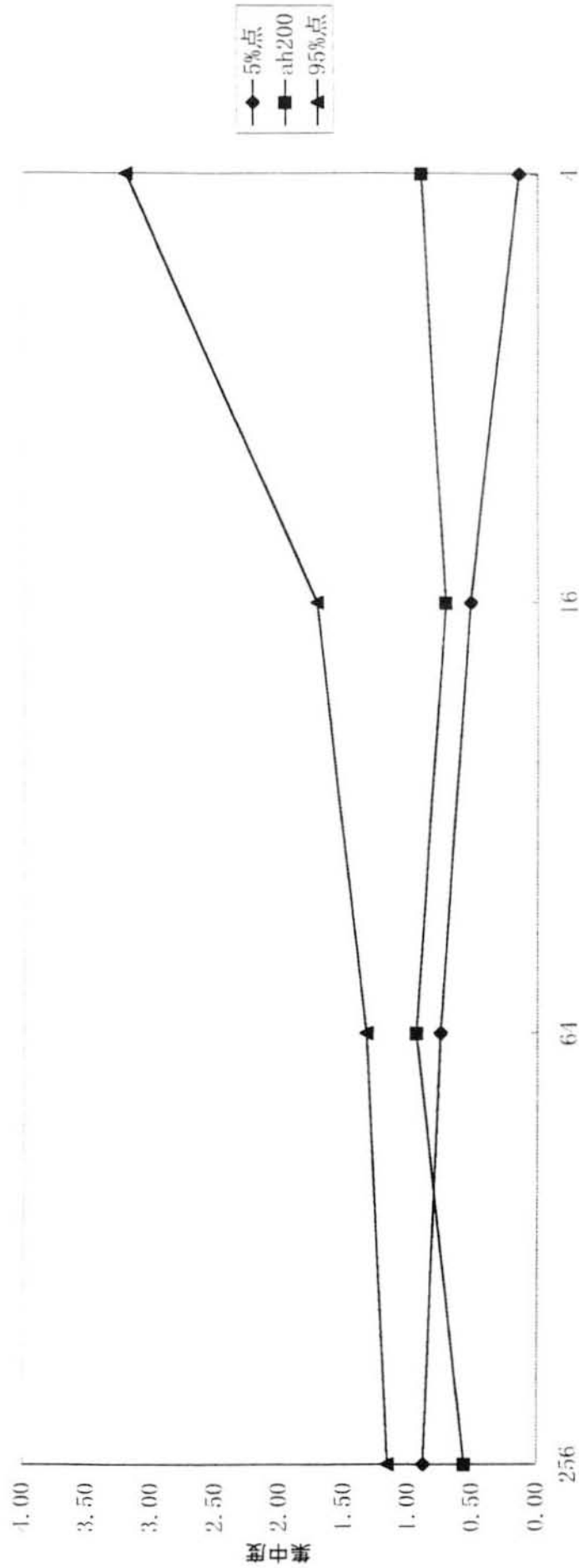
データ	区画数	平均値	歪度	中央値	標5%	標95%
ah002	4	2.94E+03	1.42E+00	2.45E+03	0.188	2.87
ah002	8	1.46E+03	1.22E+00	1.34E+03	0.442	2.04
ah002	16	7.29E+02	1.29E+00	6.86E+02	0.633	1.70
ah002	32	3.64E+02	1.58E+00	3.49E+02	0.758	1.48
ah002	64	1.82E+02	2.09E+00	1.77E+02	0.850	1.32
ah002	128	9.14E+01	2.98E+00	8.89E+01	0.909	1.23
ah002	256	4.57E+01	4.27E+00	4.47E+01	0.950	1.16
ah020	4	5.22E+03	1.32E+00	4.43E+03	0.178	2.81
ah020	8	2.61E+03	1.09E+00	2.41E+03	0.417	2.04
ah020	16	1.30E+03	1.05E+00	1.24E+03	0.602	1.68
ah020	32	6.52E+02	1.20E+00	6.28E+02	0.736	1.47
ah020	64	3.26E+02	1.42E+00	3.17E+02	0.829	1.34
ah020	128	1.63E+02	1.80E+00	1.59E+02	0.892	1.23
ah020	256	8.16E+01	2.47E+00	8.01E+01	0.937	1.16
ah200	4	4.43E+04	1.56E+00	3.55E+04	0.148	3.20
ah200	8	2.20E+04	1.06E+00	2.00E+04	0.353	2.17
ah200	16	1.10E+04	7.71E-01	1.05E+04	0.521	1.72
ah200	32	5.51E+03	6.39E-01	5.37E+03	0.656	1.48
ah200	64	2.75E+03	6.14E-01	2.71E+03	0.754	1.33
ah200	128	1.37E+03	6.23E-01	1.36E+03	0.826	1.23
ah200	256	6.86E+02	6.55E-01	6.80E+02	0.881	1.16
f1002	4	1.93E+02	1.57E+00	1.58E+02	0.152	3.05
f1002	8	9.59E+01	1.16E+00	8.79E+01	0.365	2.12
f1002	16	4.76E+01	9.82E-01	4.54E+01	0.552	1.72
f1002	32	2.37E+01	9.59E-01	2.30E+01	0.689	1.49
f1002	64	1.19E+01	1.10E+00	1.16E+01	0.794	1.35
f1002	128	5.93E+00	1.29E+00	5.80E+00	0.872	1.25
f1002	256	2.97E+00	1.54E+00	2.89E+00	0.934	1.19
f1020	4	1.90E+03	1.56E+00	1.51E+03	0.155	3.25
f1020	8	9.50E+02	1.15E+00	8.64E+02	0.355	2.17
f1020	16	4.74E+02	8.97E-01	4.50E+02	0.535	1.74
f1020	32	2.37E+02	8.09E-01	2.30E+02	0.670	1.50
f1020	64	1.18E+02	8.42E-01	1.16E+02	0.772	1.34
f1020	128	5.91E+01	9.28E-01	5.82E+01	0.844	1.24
f1020	256	2.95E+01	1.08E+00	2.91E+01	0.902	1.17
f1200	4	1.89E+04	1.67E+00	1.49E+04	0.158	3.33
f1200	8	9.48E+03	1.11E+00	8.60E+03	0.350	2.21
f1200	16	4.75E+03	7.38E-01	4.55E+03	0.512	1.73
f1200	32	2.38E+03	5.78E-01	2.32E+03	0.646	1.48
f1200	64	1.19E+03	4.97E-01	1.17E+03	0.752	1.33
f1200	128	5.95E+02	4.80E-01	5.89E+02	0.827	1.23
f1200	256	2.97E+02	6.08E-01	2.95E+02	0.881	1.16



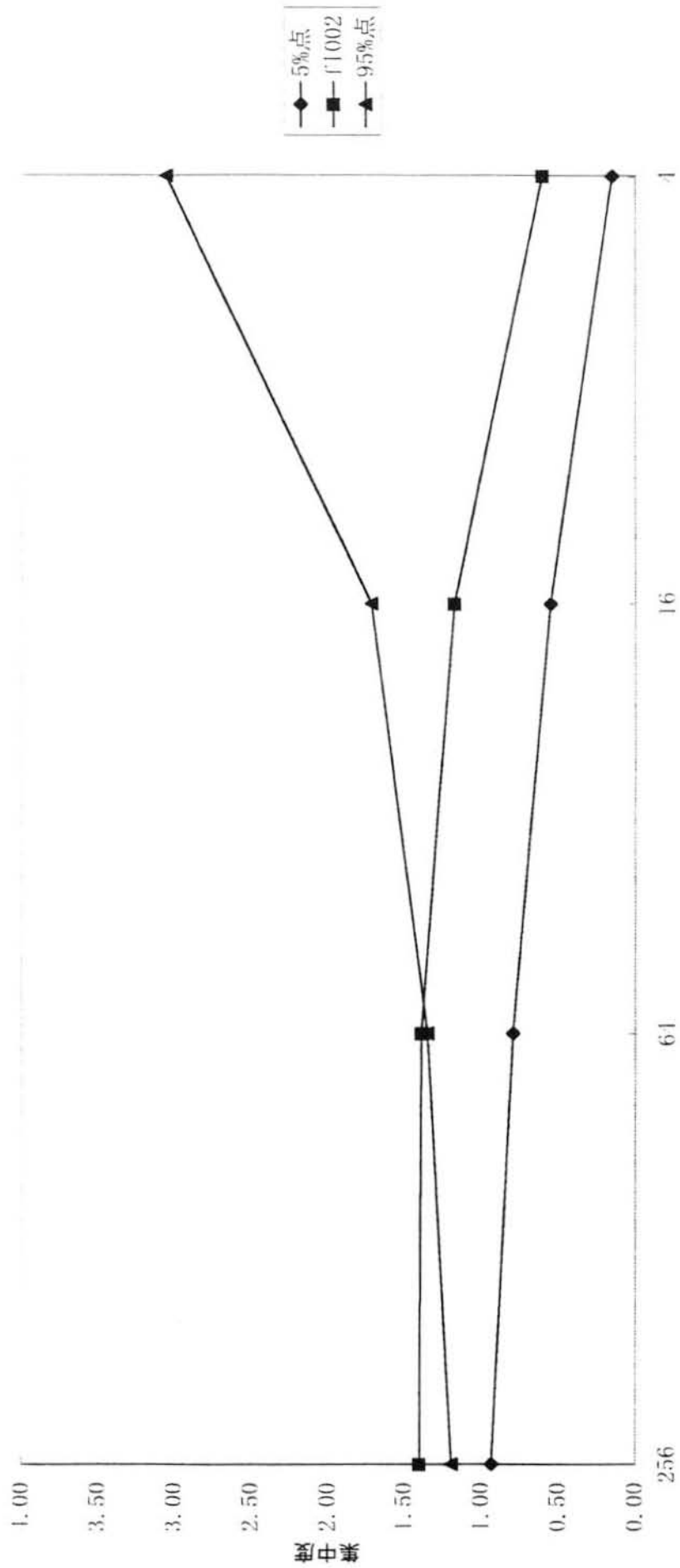
第5-7図 区画の大きさによる集中度の変化
綾羽二重 応力200gf/cm²



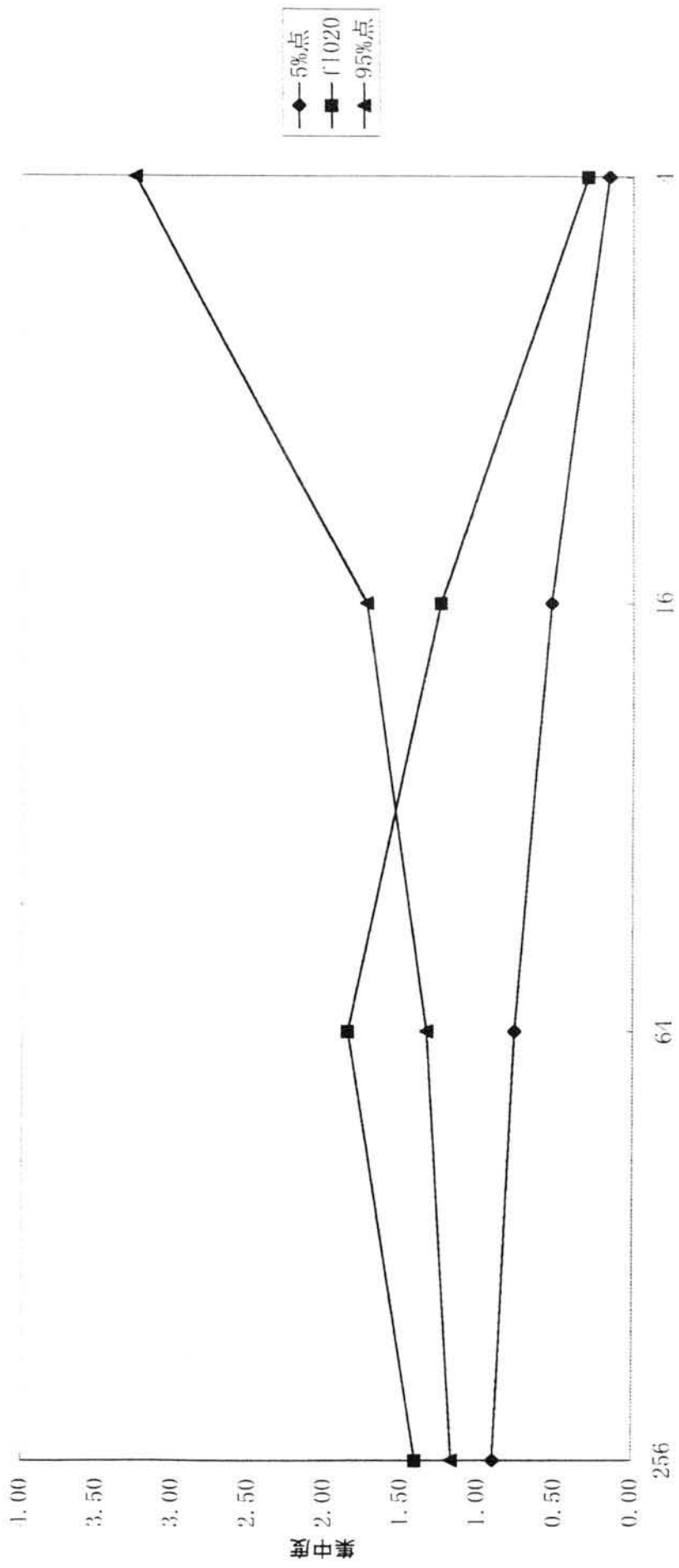
第5-8図 区画の大きさによる集中度の変化
綾羽二重 応力2kgf/cm²



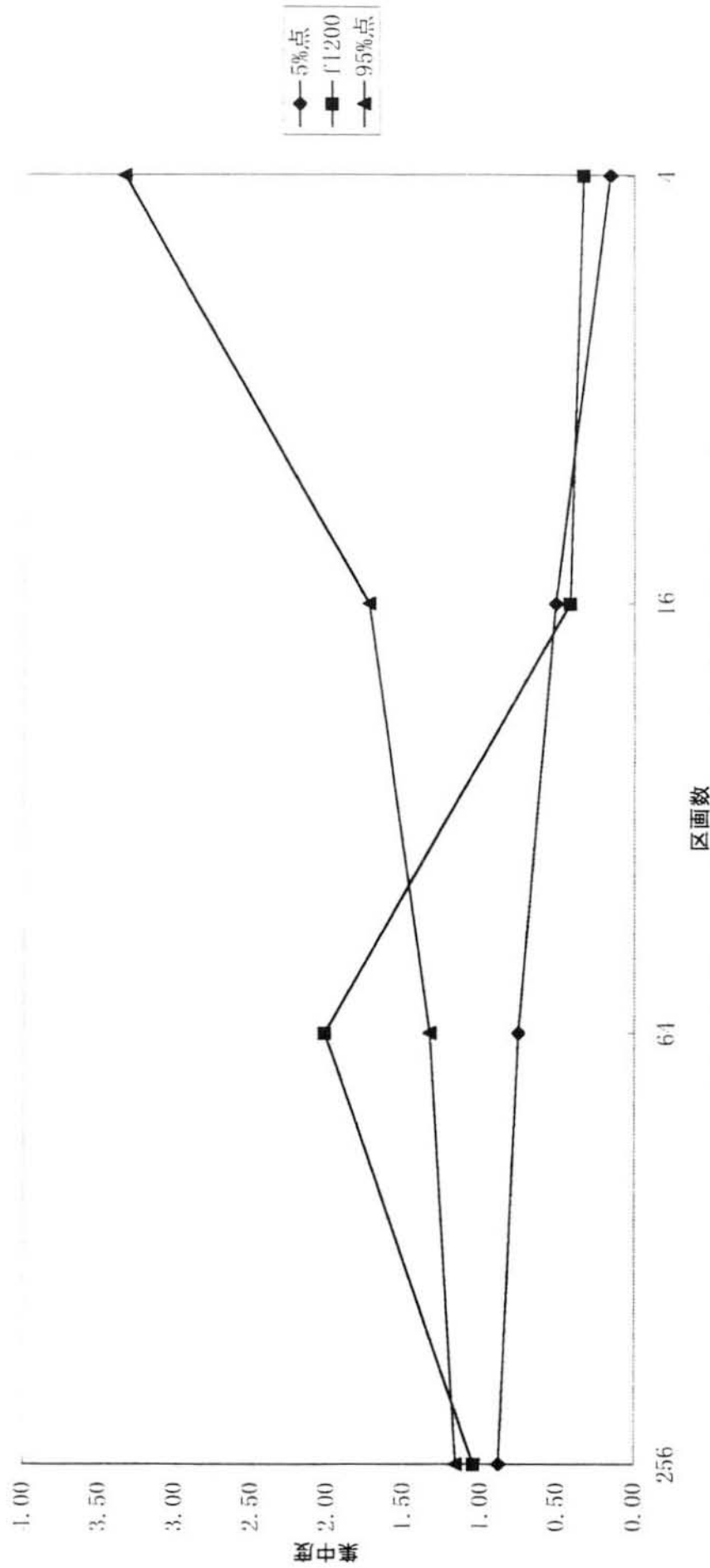
第5-9図 区画の大きさによる集中度の変化
綾羽二重 応力20kgf/cm²



第5-10図 区画の大きさによる集中度の変化
フラットクレープ 応力200gf/cm²



第5-11図 区画の大きさによる集中度の変化
フラットクレープ 応力2kgf/cm²



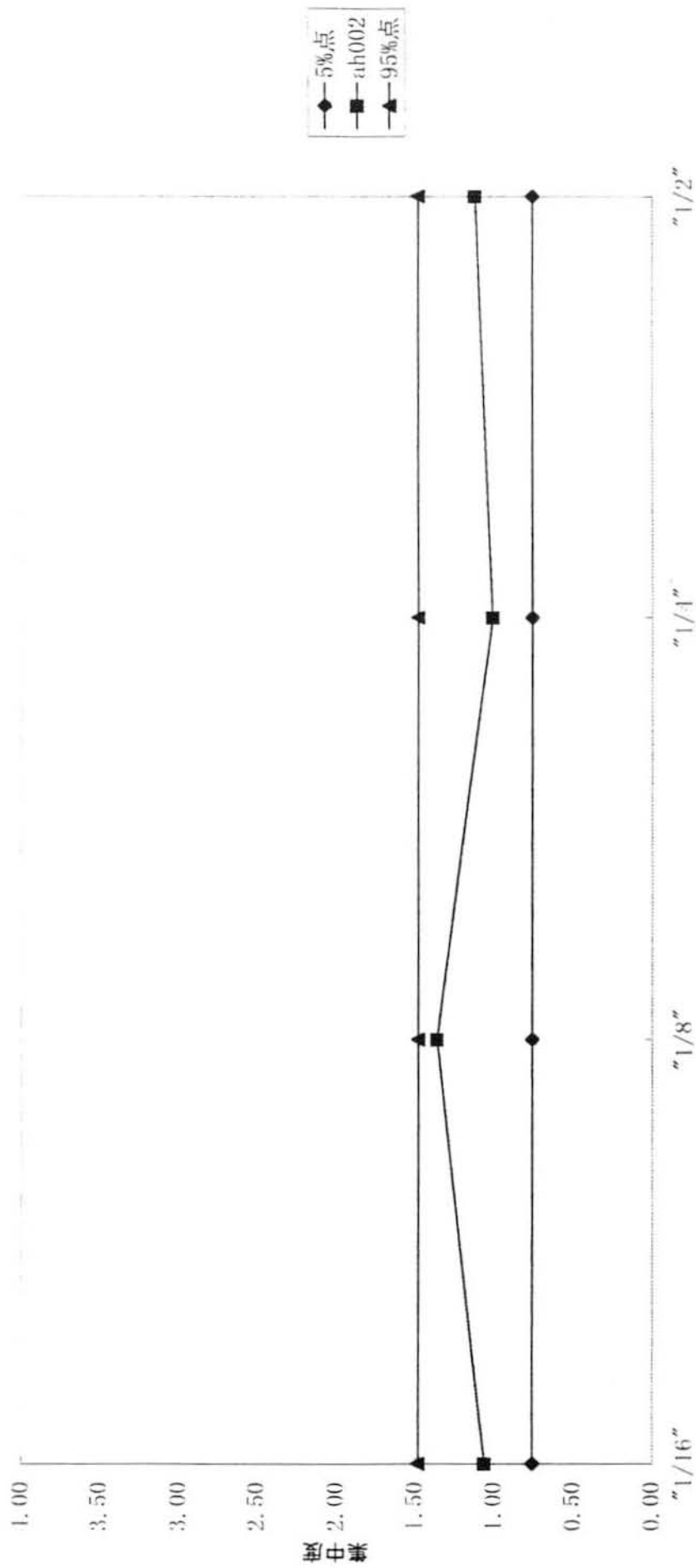
第5-12図 区画の大きさによる集中度の変化
フラットクレープ 応力20kgf/cm²

フラットクレーブは小さな区画で見た時には集中度が大きく、大きな区画で見ると集中度が小さくなる。これに対して、綾羽二重では逆の傾向が見られる。特に綾羽二重の圧力 0.2 及び 2(kgf/cm²) (第 5-7 図、第 5-8 図)とフラットクレーブの 20(kgf/cm²) (第 5-12 図)では上下の 5%点を越えるほどの強い傾向を示す。またフラットクレーブでは圧力が増加すると区画数 64 で集中度が最大となる。これは接触部が比較的小さな集団を形成していることを意味している。綾羽二重は区画数 4 で集中度が最大となる(第 5-7 図、第 5-8 図、第 5-9 図)。しかし上 5%点をわずかに上回る程度であることから、フラットクレーブと比べると集中の度合いが弱いことが分かる。圧力が 20(kgf/cm²) (第 5-9 図)の時は区画数によらず集中度が 1 に近い。これは接触部が無作為配置的な場合と区別ができないことを示しており、他の圧力のと きとは傾向が異なっている。

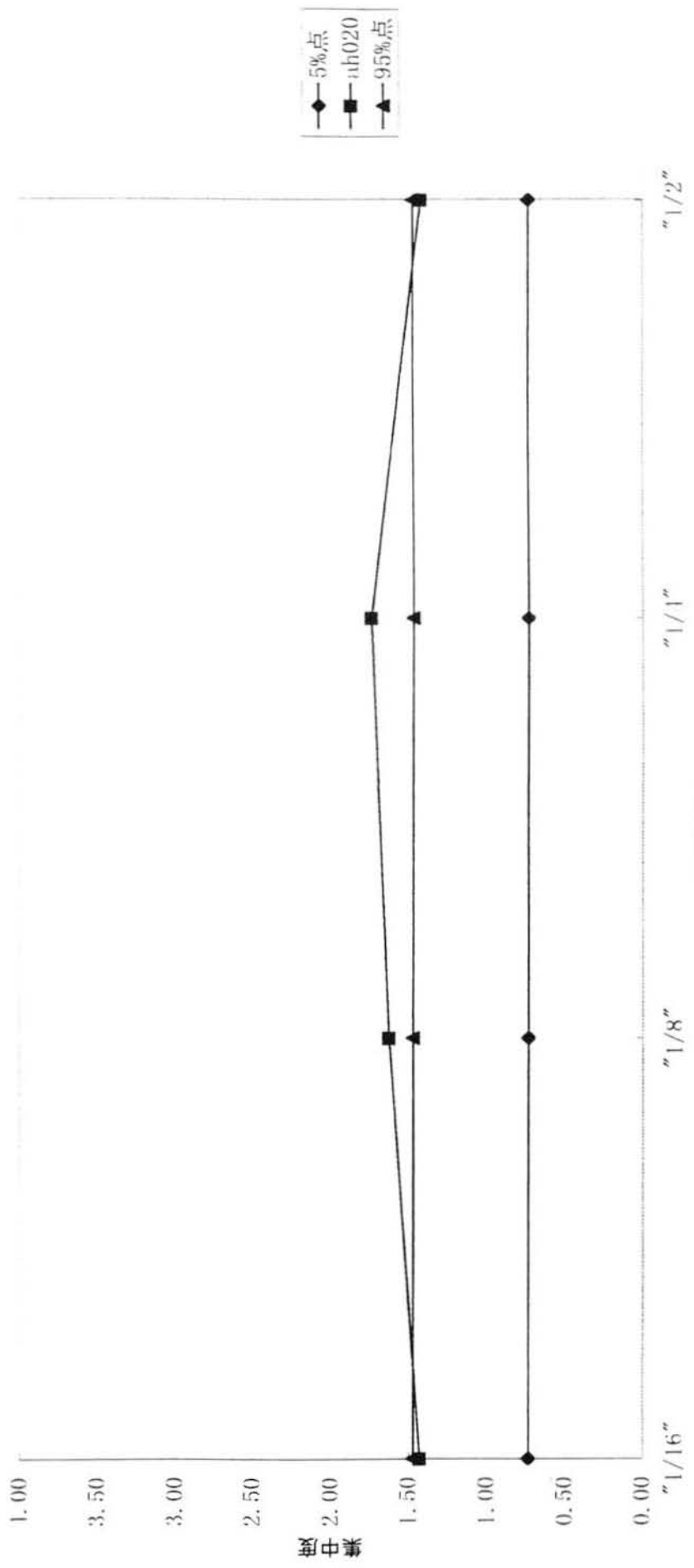
5.3.4 区画形状による集中度の変化との比較

次に区画の大きさを固定して形状を横長のものから縦長のものに変化させた場合を第 5-13 図から第 5-18 図に示す。

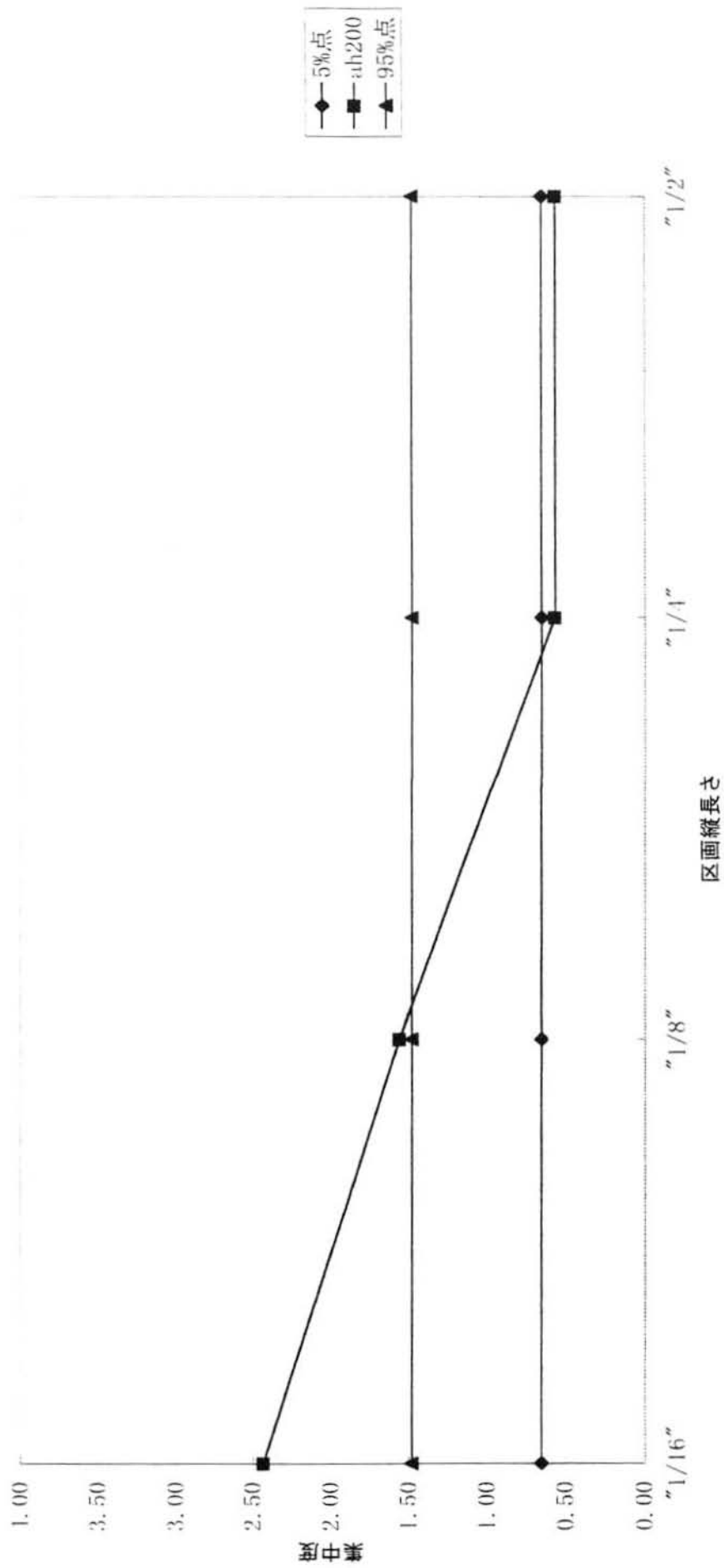
フラットクレーブ(第 5-16 図、第 5-17 図、第 5-18 図)では区画が横長の時は集中度が大きな値をとり、縦長になるに従って集中度が小さくなる。これは接触部が横縞状に配置されていることを示している。一方で綾羽二重は圧力が 20(kgf/cm²)のとき(第 5-15 図)はフラットクレーブの結果と類似してくるがその他の場合(第 5-13 図、第 5-14 図)では区画の形状の影響を受けていない。



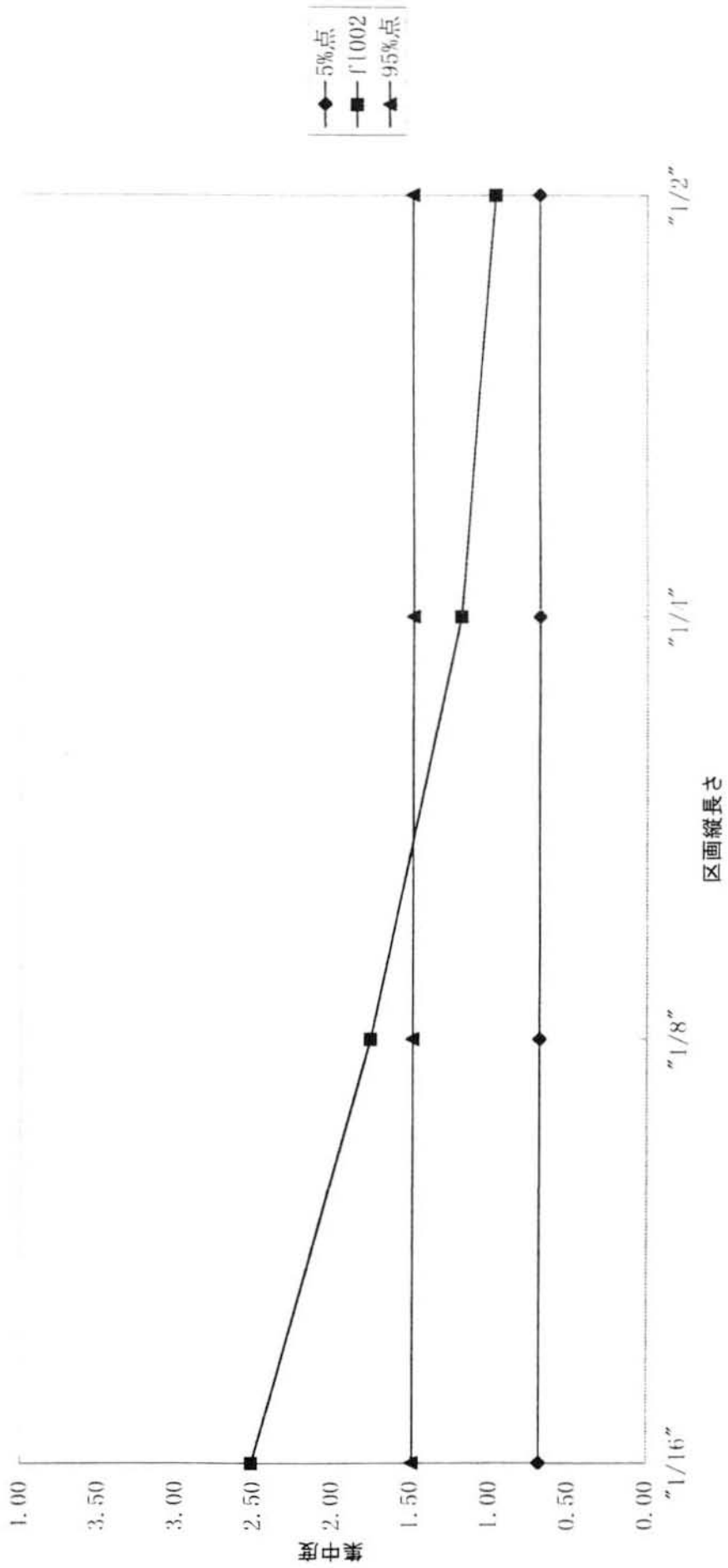
第5-13図 区画形状による集中度の変化
綾羽二重 応力200gf/cm²



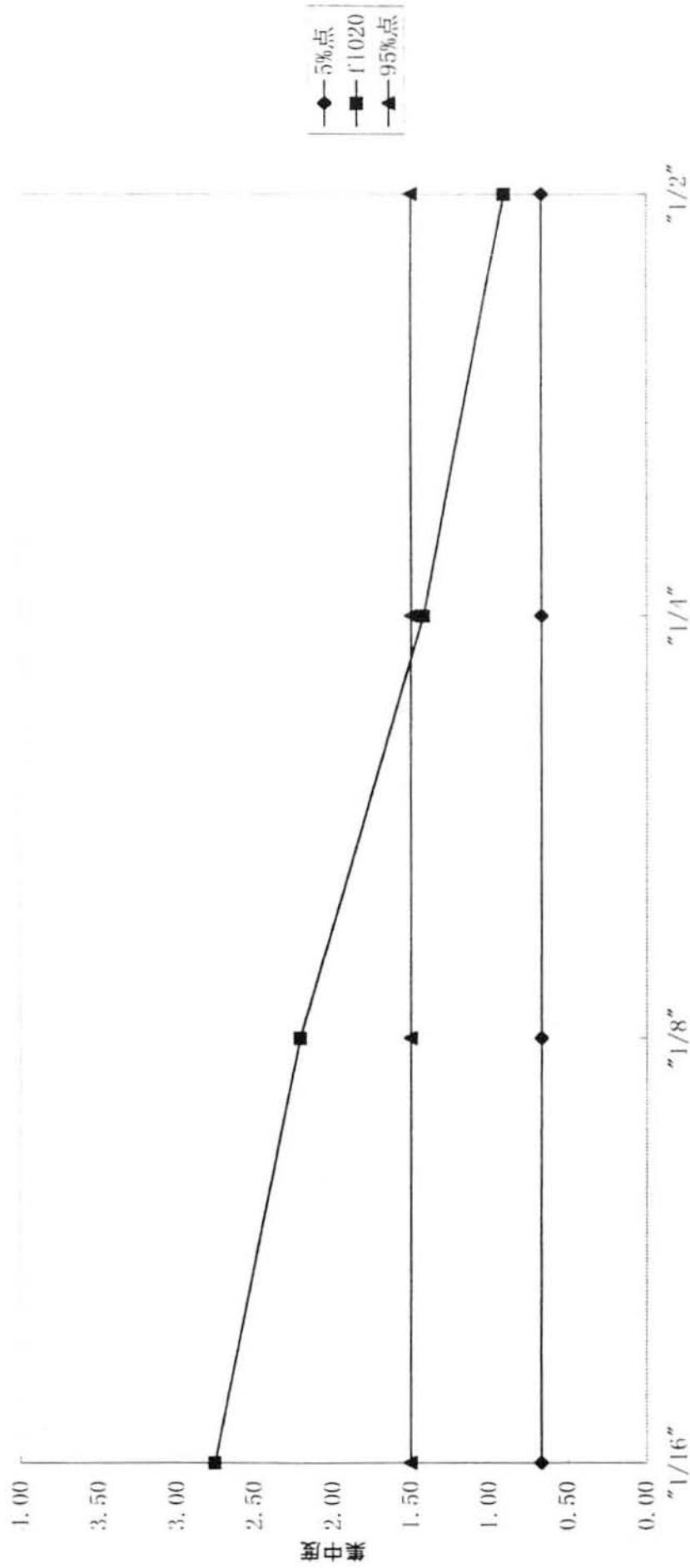
第5-14図 区画形状による集中度の変化
綾羽二重 応力2kgf/cm²



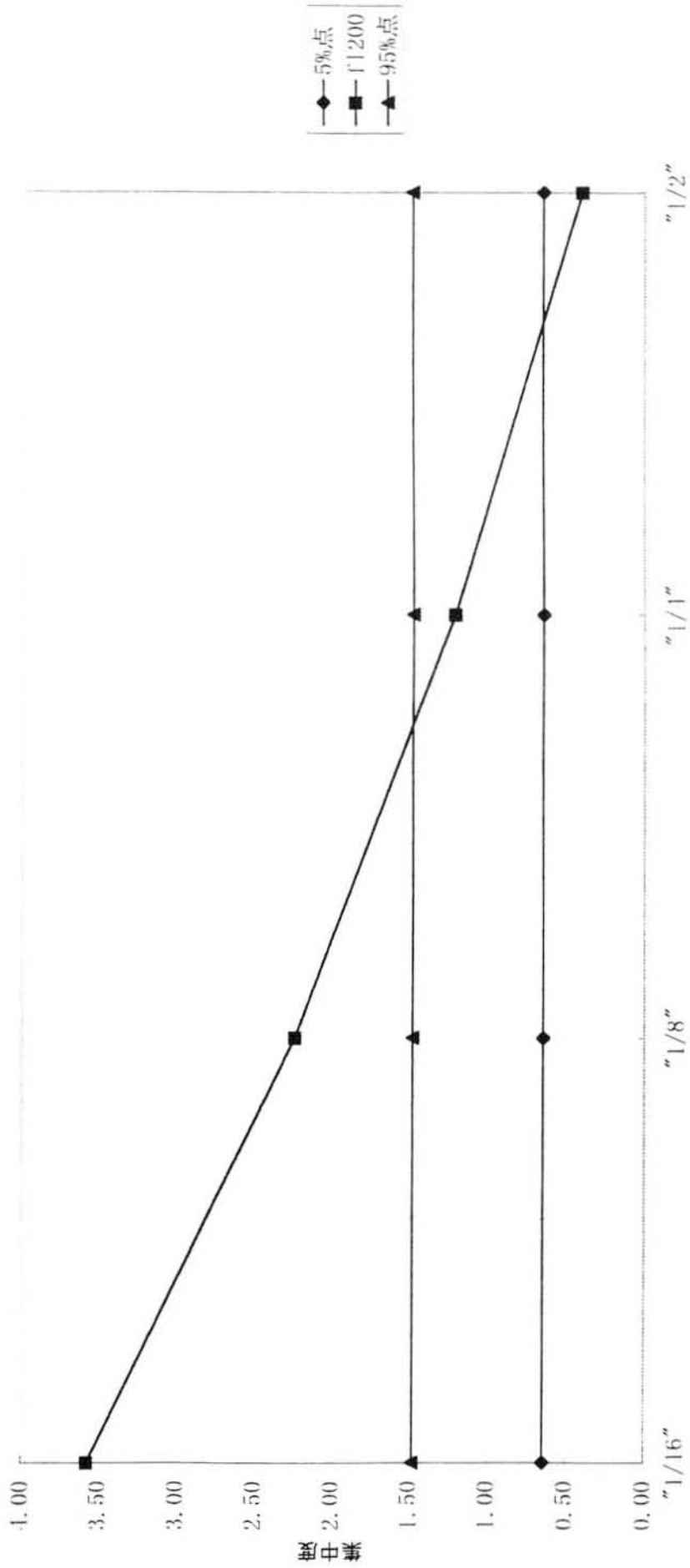
第5-15図 区画形状による集中度の変化
綾羽二重 応力20kgf/cm²



第5-16図 区画形状による集中度の変化
フラットクレープ 応力200gf/cm²



第5-17図 区画形状による集中度の変化
フラットクレープ 応力2kgf/cm²



第5-18図 区画形状による集中度の変化
フラットクレープ 応力20kgf/cm²

5.4 考察

実測データから接触部の大きさの分布を調査したが、これらの中には雑音で発生している図形や複数の接触部が合体している図形が含まれる。雑音図形は一般に1画素程度の小さな図形であり、合体したものは大きな図形である。そのような意味では実測データから得た個体の大きさ分布は本来の個体の大きさ分布よりも分散が大き目の値を取っている可能性がある。今回は個々の接触部が合体したものであるかどうかは考えずにシミュレーションを行っている。この場合、合体した接触部はシミュレーションでも常に合体したまま配置が行われることになる。本来ならば別々にすべきであるが、再配置の際も一定の確率で合体が起こるはずであり、それらの状況を相殺すると、今回の方法でも十分に信頼できるシミュレーションが行える。

今回は集中度を定義する基準値として無作為配置時の中央値を採用した。こうするともし無作為配置であるものをデータとして集中度を算出した場合、その値が1を越える確率と1を下回る確率が等しくなる。これは集中度を単独で利用する場合に適した方法である。もし、分散値の分布がほぼ左右対称で中央値と平均値が近い値を取る場合は理論的な取り扱いの容易さなどから平均値を採用することも考えられる。この様に利用方法によって集中度の定義の方法も変える必要がある。

集中度は接触部が均等配置の時は小さな値をとり、集団を形成する時には大きな値になる。但し、集中度は区画の取り方によって変化する一種の関数であり、単独の集中度の値によって布の接触状態を表すものではない。接触部の配置状態は区画の形状や大きさを系

統的に変化させて、その下での値の挙動から示されるものである。

実測した二種の絹布の接触状態を比較すると、綾羽二重の接触部は無作為配置に近い結束の弱い大きな集団を形成しているのに対して、フラットクレープは明瞭な横縞状の接触部集団を形成することが分かる。

人間の接触感は広がりに対して一定の分解能を持つとともに、場所による応力の変化がある程度急激でないと刺激を感じない。縞状の接触部集団は皮膚の触感の分解能を満たす大きさと、刺激を起こすのに十分な応力勾配を合わせ持つ。従って人が触れた時、この種の布はより多くの刺激を与えやすい。一方で綾羽二重における接触部のように方向性がない接触集団は刺激が少なく感じられる。

接触状態と接触感の関連を検討するには集中の度合いだけではなく、その集団の形状や様式もあわせて注目する必要がある。これらの情報を抽出する方法として、区画の形状を変化させて集中度を算出するのは有効である。

5.5 文献

長谷川政美・種村正美(1986)：(1)動物—その適応戦略と社会・なわばりの生態学，p. 206，東海大学出版会，東京。

坂口明男・清水義雄・近田淳雄(1993)：絹布の接触状態の解析，日蚕第62回学術講演会講演要旨集，p. 79。

坂口明男・林誠・清水義雄・近田淳雄・清水裕子(1992)：絹編織布の接触状態と接触感，日蚕雑，61，312-320。

SHIMIZU, Y., SHIMIZU, H. and KONDA, A. (1986) : Application of image processing to the research of contact behavior between fabric surface and flat hard surface. Sen-i Gakkaishi, 42, T643-T650.

第 6 章

個体間距離に基づく表面接触状態の特徴記述

6 個体間距離に基づく表面接触状態の特徴記述

6.1 はじめに

空間内の個体配置状態の分析法には大きく分けて区画法と距離法がある。区画法はこれまで述べてきたように個体が配置されている空間を区画してその中の個体数や占有面積に注目する方法である。一方で、距離法は個体間の距離の分布に注目する方法である。いずれの方法においても個体配置の分析法はまずランダム配置の場合を理論的に分析する。そしてこれを基準にして実測データと対比させてその配置状態がランダムに近いかどうか、もしランダムとは異なるとすればそれは均等型か集中型かを分類していくものである。これまで見てきた接触状態画像には集中型のものが多い。そこで、この種の配置状態をより詳細に分析できるような手法として、個体が集中型の配置となるのを基準とした解析方法を考察した。

方法として距離法をもとにして接触部間の相互距離がある一定の距離になるときに極小となる関数を設定し、全ての個体間距離からこの関数の値を求め、その合計値が最小となるようにこの関数のパラメータの値を調節する。こうして得たパラメータによって集合状態を記述する。

6.2 個体間距離に基づく配置状態の検討

6.2.1 個体間距離の評価関数

二次元平面内に存在する個体間の距離はその個体がどのように配置されて

いるかで変化する。個体が集団を構成している場合の個体間距離は集団内の個体に対しては小さく、他の集団に属している個体に対しては大きい。通常はランダムな配置の時の距離分布を基準にしてこの個体間の距離を調査するが、ここでは集団を構成することがあらかじめわかっているとして、その場合の集団化の度合いをこの距離データから算出する方法を考える。

二次元空間内の個体が集団を作る場合のモデルとして、各個体間距離に対して(6-1)式の関数を考える。

$$\Phi(r) = -\log\{1 + (abr - 1)e^{-b^2r^2}\} \quad (6-1)$$

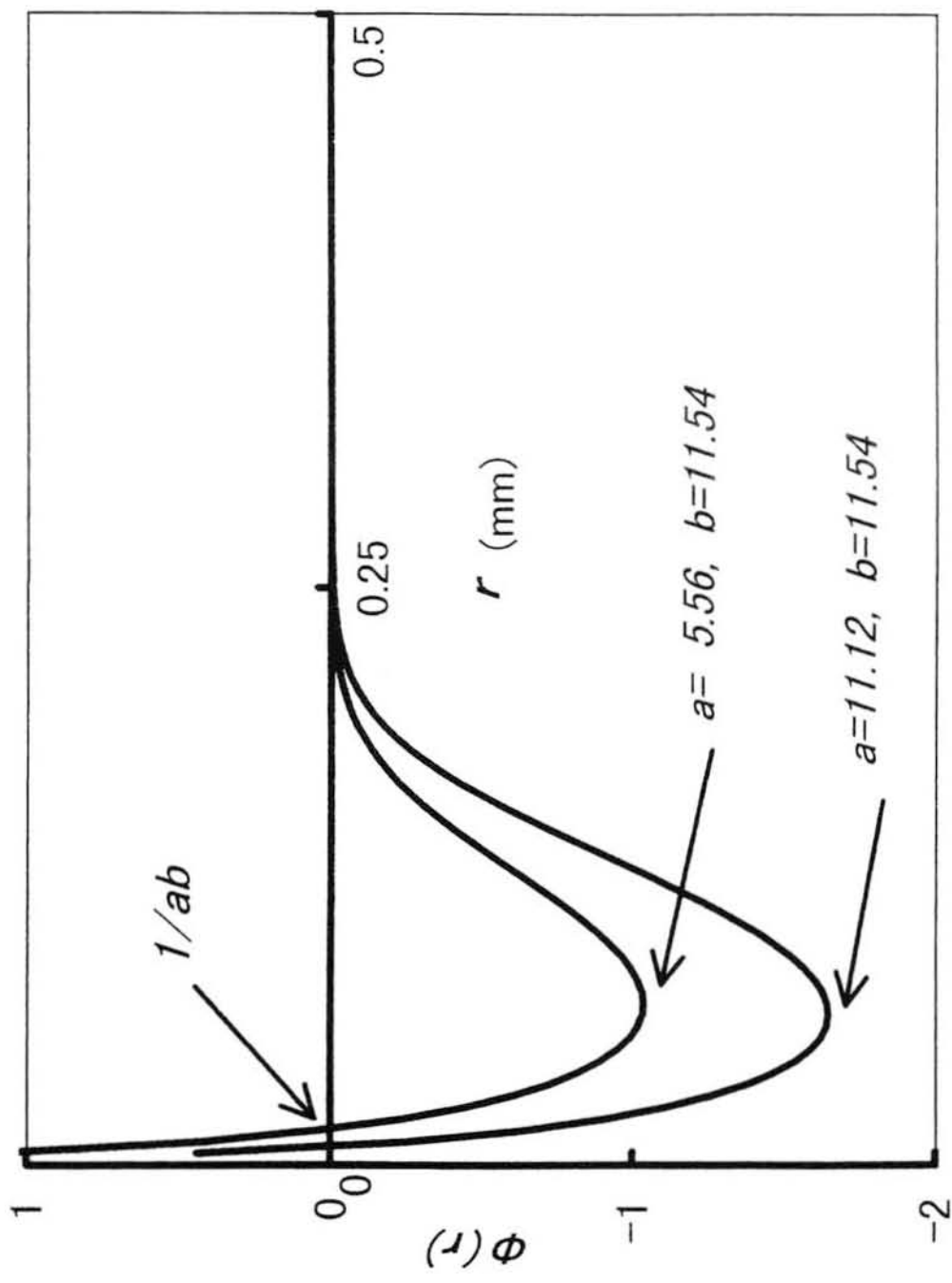
ただし、 r は個体間距離、 a, b はパラメータである。この関数のグラフは第6-1図のようになる。

r の値が小さなところでは $\Phi(r)$ は正の値を取るが、 r の増加とともに $\Phi(r)$ は減少し、 $r=1/ab$ で $\Phi(r)=0$ となる。このときの個体間距離、 $1/ab$ を中立半径と呼ぶ。 r が中立半径よりも大きくなると $\Phi(r)$ は負に移行し、

$$r = \frac{1 + \sqrt{1 + 2a^2}}{2ab} \quad (6-2)$$

で最小値

$$-\log\left\{1 + \left(\frac{\sqrt{1 + 2a^2} - 1}{2}\right) e^{-\frac{1}{2} \frac{1 + \sqrt{1 + 2a^2}}{2a^2}}\right\} \quad (6-3)$$



第6-1図 aによる $\Phi(r)$ の変化

をとった後、 r の増加とともに0に近づく。

個対数が N のときこれらの中から2つの個体を取り出す組み合わせは $N(N-1)/2$ 通りある。この全ての組み合わせに対して $\Phi(r)$ を計算してその合計値に注目する。

この合計値はパラメータ a 、 b の値によって変化するが合計値が最小となるようなパラメータの組み合わせをもとめることで配置の特性が記述できる。

6.2.2パラメータの意味

(6-1)式のパラメータ b は尺度を表示するパラメータで群落の範囲の大きさの大小関係をこのパラメータの比較で知ることができる。

一方パラメータ a は集団を作ろうとする傾向の強さをあらわす。第6-1図において b は横軸方向の尺度であり、 a は縦軸方向に関与し a が増加するとグラフの曲線を負の方向に引き下げる。(6-1)式において r が中立半径よりも大きいときは a が大きいほど $\Phi(r)$ の値は小さくなる。

a が大きいということは個体間の距離が近い場合と遠い場合とで $\Phi(r)$ の値が極端に違ってくるということである。つまり、 a が大きいということは集団形成の傾向が強いという意味になり、配置状態の評価に有効な指標となる。このようなことから、以後、このパラメータ a を集合度指数と呼ぶことにする。

6.2.3複数のモデルの比較

$\Phi(r)$ の関数形は個体が集団を形成しているときに合計値が小さくなるようなものであれば他の形式のものでもよい。ただし、パラメータを推定したときにデータとよく適合している必要がある。パラメータの推定は最尤法で行

うが、この時算出する最大尤度は複数のモデルのどれが適切であるかを判定するためにも用いた。

比較のための $\Phi(r)$ の関数形としては次のふたつのものを用いた。

$$\Phi(r) = -\log\{1 + (\alpha - 1)e^{-\beta r^2}\} \quad (6-4)$$

$$\Phi(r) = \beta(\sigma/r)^{12} - \alpha(\sigma/r)^6 \quad (6-5)$$

(6-4)式は $\alpha > 1$ でならば $r > 0$ において $\Phi(r) < 0$ である。 $r=0$ のとき最小値をとり、 r の増加とともに単調増加する。

(6-5)式は(6-1)式と類似した形であるが、中立半径より内側では急激に $\Phi(r)$ が大きな値を取る。

6.2.4 パラメータの推定

接触状態画像から接触部の位置をもとめ、その相互の距離を算出し、(6-1)、(6-4)、(6-5)の各式の $\Phi(r)$ のパラメータの値を Ogata and Tanemura (1981) の最尤法で算出した。尤度値の比較でどの関数形が接触状態画像に適合しているかを判断した。

6.3 結果

6.3.1 パラメータの推定結果

接触部の位置データをもとに(6-1)、(6-4)、(6-5)式の関数のパラメータを最尤法で推定した。尤度を比較した結果、49 例中 46 例のデータでは(6-1)式によるものが最もよく適合したが、クレーブデシンの荷重 100gf/cm² とトリコットの荷重 100gf/cm²、同 400gf/cm² の 3 例では(6-4)式によるもののほうが適

合がよかった。これらのなかで最も尤度に差があったのはトリコットの荷重 200 gf/cm² のときでその比は 1:1.06 であった。

(6-1)式のモデルによるパラメータの推定結果を第 6-2 図に a - b プロットとして示した。クレープデシンの低荷重下での a の値が極端に大きくなったがこれはデータ数が少ないため算出結果が不安定となったためである。

6.3.2 中立半径

第 6-3 図に中立半径を荷重別にプロットした。どの試料でも荷重が増加すると中立半径は大きくなり、同一荷重では編み物の天竺編とトリコットは中立半径が大きく、織物では滑り感に富むものほど中立半径が大きい。

6.3.3 滑り感と集合度

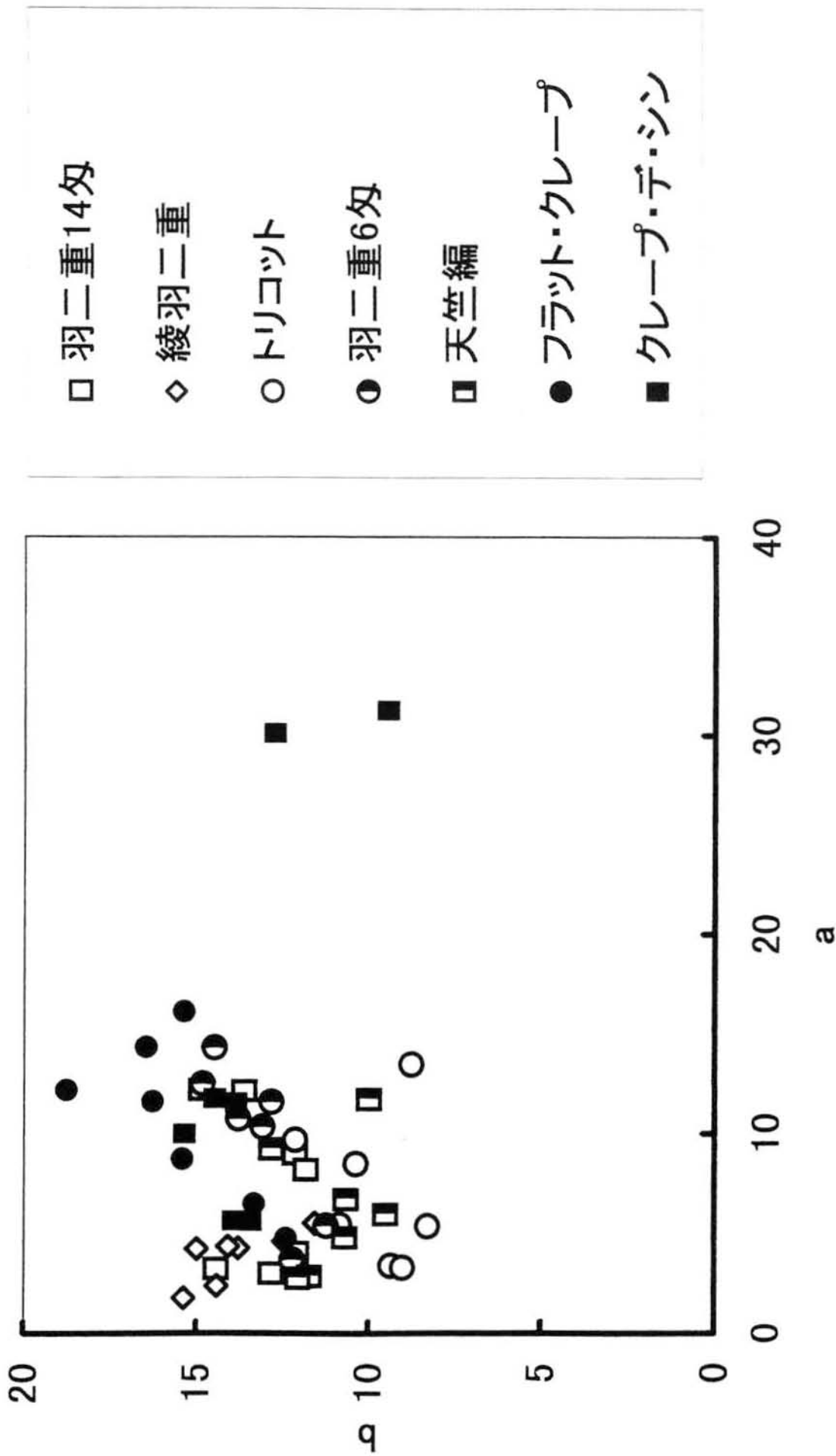
第 6-4 図は第 2 章で述べた横方向の滑り感に対するブラッドレーの指数のうち織物に関するものを横軸に、パラメータ a を縦軸にとり、その対応を荷重別に見たものである。

滑り感指数が 0.140 の天竺編は a が大き目の値を取るがそれ以外はいずれの荷重においても滑り感指数とパラメータ a の間に対応が見られる。

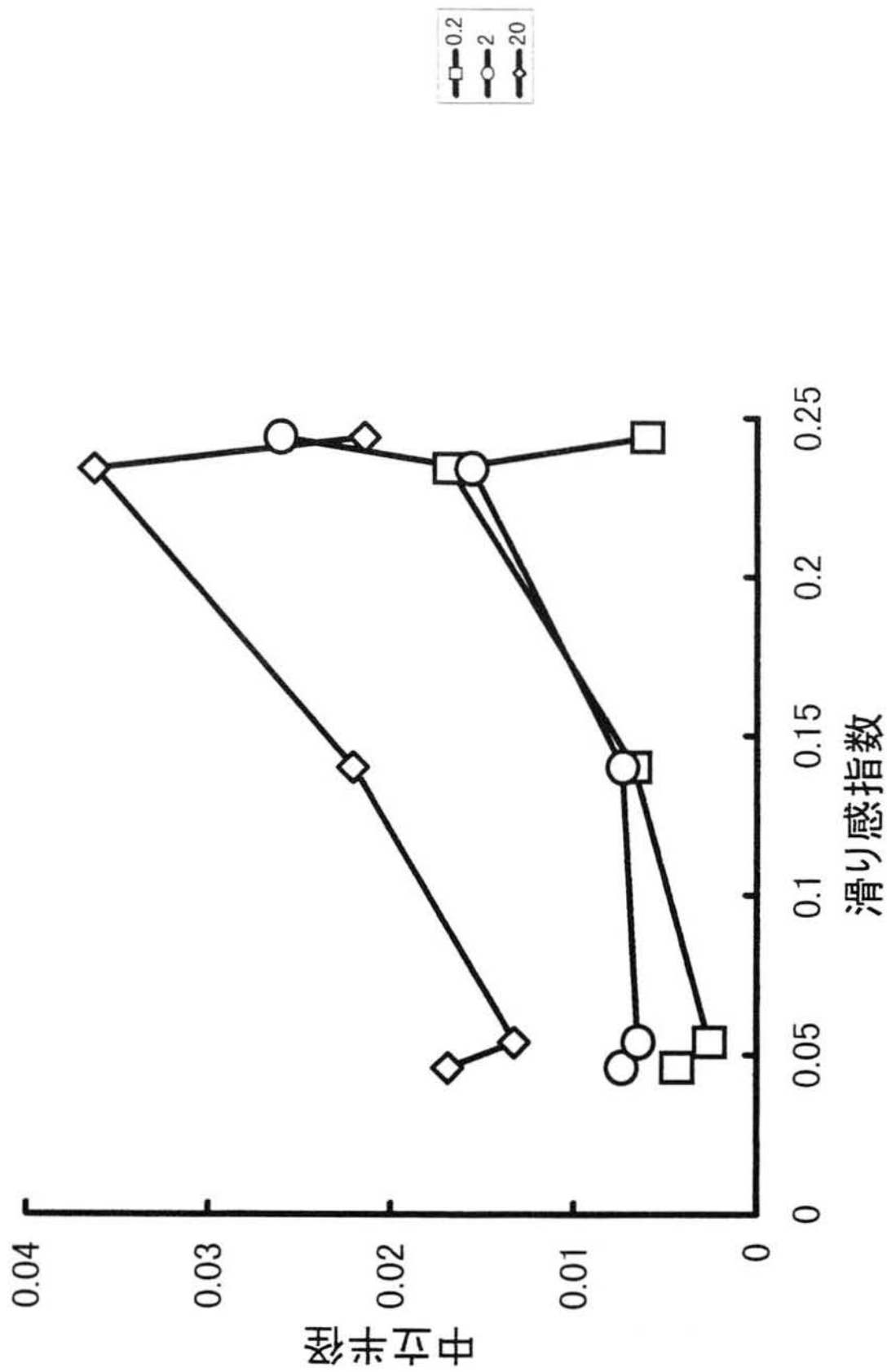
その他にも一部順序の入れ替わりが見られるが、第 2 章でも述べたように滑り感は 3 段階のグループに分けられ、グループ間で順序が入れ替わることはないが、グループ内の順序は必ずしも一定でないことによるものである。

6.4 考察

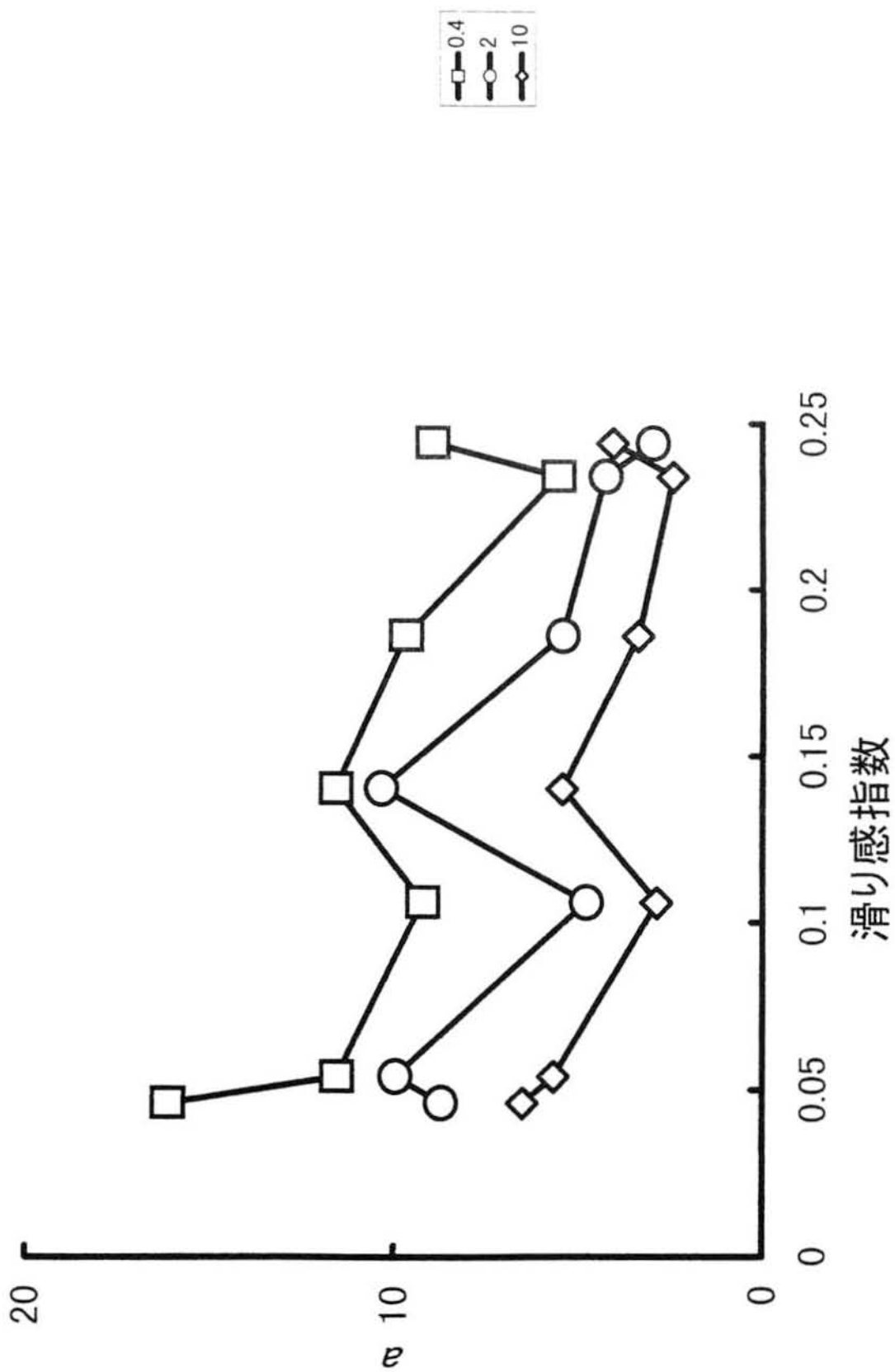
3 種類の関数モデルを尤度で比較したところ 49 例中 3 例で(6-1)式が最良とされなかった。しかし、これらの場合も尤度の差は最大 6% であり、接触部の



第6-2図 パラメータプロット



第6-3図 滑り感指数と中立半径



第6-4図 滑り感と集合度指数

配置状態の評価は(6-1)式のモデルに基づいて行うのがよい。

(6-1)式のモデルは反発領域と誘引領域がある。この分かれ目である中立半径は織物の場合は滑り感に富むものほど大きく、また荷重が増加するほど大きくなる。一方で今回用いた編み物の天竺編とトリコットでは中立半径は大き目の値となった。フラットクレープとクレープデシンはいずれの荷重においても中立半径が最小の部類に属している。これらの接触部は狭い範囲に集中して集団を形成している

中立半径はある個体同士がどこまで接近して配置しているのかを表している。したがって中立半径によっても接触部の集合の状態をある程度知ることができる。

集合度指数 a とすべり感の関係を見ると、滑り感に富む「綾羽二重」「羽二重 14 匁」「トリコット」では集合度指数 a の値がすべり感に乏しい他の試料によるものよりも小さい。集合度が小さいということは接触部の配置が集団型ではあるが、その集団を生成する傾向が弱く、配置状態がポアソン配置に近いことを示している。逆に滑り感に乏しいフラットクレープやクレープデシンでは接触部の集合の度合いが大きい。一方、天竺編はやや異なる傾向を示した。

森下の指数など区画法は配置の種類分類などに有効であった。しかし区画法の共通の欠点として集合の規模を詳細に検討するには区画の大きさを細かく設定して多数回計算をしなければならないという問題がある。今回の方法は個体間の距離に基づいているため、集団の大きさの尺度に依らずに分析するのに有効である。接触部が集団形成的であるときには滑り感に乏しく、ポアソン配置的になるにしたがって滑り感に富むということから、今回導入した集合度指数は布の滑り感の記述に有用である。

6.5 文献

坂口明男・林誠・清水義雄・近田淳雄・清水裕子(1992):絹編織布の接触状態と接触感.日蚕雑,61,312-320.

Ogata, Y. and Tanemura, M. (1981): Estimation of interaction potentials of spatial point patterns through the maximum likelihood procedure. Ann. Inst. Statist. Math. 33, Part B, 315-338.

第 7 章

皮膚搔痒症に対する絹肌着の効果

7 皮膚掻痒症に対する絹肌着の効果

7.1 はじめに

衣服等の繊維製品は、常に人体皮膚と接触しているため、皮膚に対する影響が大きいと考えられる。特に皮膚疾患をもつものにとっては、身につける繊維製品の素材によって、皮膚疾患の状態が悪化したり、快方に向かったりすることがあると考えられる。しかし、皮膚疾患に対する衣服の影響についての研究はほとんどみられない。世間一般では、絹の肌着が皮膚によいといわれているが、このことも必ずしも研究データに基づいたものではないように思われる。そこで、本報では、皮膚障害に対する絹の影響について検討することとした。ここでは、皮膚掻痒症を取り上げ、肌着に絹を着用することによって掻痒症に効果があるか否かを、掻痒症を持つ患者の着用試験より検討した。このような着用実験は実施が困難であり、現在までにほとんど報告されていない。

絹による皮膚のかゆみ軽減効果を客観的に解析することは、対象が人であり人権問題が絡み、実験や調査にも制約がかけられるため、困難な問題を含んでいる。また、調査も2ヶ月以上にわたる長期の着用実験を必要とするため、要因効果は他因子と交絡しやすく、また環境基盤も変化しやすい。その効果が投薬や生活の環境条件などによるのか、絹着用の効果であるかを客観的に検証することを困難にする多くの問題を内蔵している。ここでは、そう

した問題を避けるため綿を対照素材にした二重盲検試験方式による実験を試みた。本研究は貞明皇后蚕糸記念科学技術研究助成によった。着用試験を行うに当たり、ご尽力いただいた信州大学医学部附属病院の西沢尊子婦長をはじめとするスタッフの方々、および着用試験をしていただいた被験者の方々に深く感謝する。

7.2 材料と方法

7.2.1着用試料

試料:男性用にはトランクス、膝丈ズボン下、半袖シャツ、女性用にはショーツ、膝丈パンツ、半袖シャツの3種の肌着をセットとし、着用試料とした。素材はいずれも生糸を用いて製造した絹の丸編布と対照用の綿メリヤス布である。これらの絹または綿の肌着のセットを本報では絹、綿と略称する。

7.2.2着用試験

被験者は、絹または綿の肌着のセットを4週間着用（初期着用と称する）後、2週間程度あけて、もう一方の肌着のセットを4週間着用（次期着用と称する）した。同一被験者に絹と綿の肌着を同時に着用させることはできないので、日をおいて二種類の肌着の着用試験を行うことにした。初期着用の影響が次期着用に及ばないように、それらの間は2週間の間隔をとった。これらの肌着のセットは着替え用も準備し、適宜洗濯するべく指示した。

着用時期は、1991年11月から1992年2月である。

7.2.3実施方法

綿を対照に用いた二重盲検試験によったため、被験者には絹・綿いずれの

肌着も特殊なかゆみどめ処理を施したものである旨の説明書きとともに、絹または綿の素材名は伏せて、着替え用の肌着を含む肌着のセットと洗濯用の中性洗剤を与え、着用試験を依頼した。なお、実際はかゆみ止め処理は行ってはいない。

試験の順序を（絹-綿）の順に行う組と（綿-絹）の順に行う組をそれぞれ同数割り当てた。年齢、性別等被験者の属性はできるだけ均斉になるよう配慮したが、患者は自然発生的に来診するものであり、強制的に試験期間中確保することはできなかった。

7.2.4 アンケート調査

いずれの肌着とも、着用前と着用後に、アンケートに回答することにより調査結果を得た。アンケートは、かゆみを具体的に、「安眠のしやすさ」（夜のかゆみ）、「昼間のかゆみの程度」、「掻く度合い」、「掻き傷」の4項目の指標について調べた。これらの項目について、4段階の評価の内、該当するものを回答してもらった。また、着用後には、同様の内容に加え、かゆみ止め肌着着用による「かゆみの変化」、かゆみ止め肌着の「肌に対するよさ」についても調べた。回答は5段階の評価によった。

7.2.5 被験者

信州大学医学部附属病院の患者40名（男女各20名）に着用試験を依頼した。これらの患者は慢性肝炎、慢性腎不全、接触性皮膚炎、アトピー性皮膚炎、老人性皮膚掻痒症の患者で、いずれもかゆみの症状を持つ者である。着用試験を依頼した患者の内、アンケートを回収できたのは、36人（男性16人、女性20人）であった。回答者の疾患名を第7-1表に示す。回答者の年齢

第7-1表 被験者の疾患名

病名	男	女	合計
慢性肝炎	8	3	11
慢性腎不全	4	4	8
接触性皮膚炎	3	8	11
アトピー性皮膚炎	1	0	1
老人性皮膚掻痒症	0	5	5
合計	16	20	36

第7-2表 初めに着用した素材と被験者の年齢・性別

年齢	初めに絹		初めに綿		合計		総計
	男	女	男	女	男	女	
10-19	1	0	0	1	1	1	2
20-29	0	0	0	1	0	1	1
30-39	1	3	1	0	2	3	5
40-49	2	6	2	1	4	7	11
50-59	2	2	2	0	4	2	6
60-69	1	1	3	2	4	3	7
70-79	0	0	0	3	0	3	3
不明	0	0	1	0	1	0	1
合計	7	12	9	8	16	20	36
総計	19		17		36		36

分布と初めに着用した肌着の素材を、第 7-2 表に掲げる。回答者の男女比、初期着用が絹・綿の割合などは、ほぼ均衡がとれているとみることができる。年齢は 40 代が最も多く、30 代から 60 代が中心である。ただし、初期着用あるいは次期着用に対する回答の内、いずれかが欠けているものもあった。

7.3 結果と考察

7.3.1 着用によるかゆみの軽減

第 7-3 表は、絹の着用前と着用後の「昼間のかゆみの程度」の変化を示したものである。表中対角線上の数値は着用前後で変化のなかったもの、対角線より右上の欄の数値はかゆみが減少したもの、左下の欄の数値はかゆみが増加したものを示している。また、第 7-4 表は綿着用実験についての同様の相関表である。これらの表から、絹着用により「昼間のかゆみの程度」が軽くなったと感じた被験者は 34 人中 19 人であるのに対し、かゆみが強くなったと回答した被験者は 2 人である。絹着用により、過半数の被験者にかゆみ軽減の効果がみられる。綿着用においてもかゆみの軽減の効果がみられるが、絹ほどではない。「安眠のしやすさ」、「掻く程度」、および「掻き傷」という指標でも、類似した傾向を示したので、これらの肌着使用前後における各指標の回答結果を次のように数量化した。

例えば絹着用により「昼間のかゆみの程度」が k 段階かゆみ改善方向に進んだものには $+k$ の重みをつけ、逆に段階悪化方向に進んだものには $-k$ の重みをつけて、平均値を求め、絹による「昼間のかゆみ」改善度 τ_a (絹) を算出した。綿の場合にも同様に「昼間のかゆみ」改善度 τ_a (綿) を算出する。同様に他の指標についても、「安眠のしやすさ」改善度 τ_b (絹)、 τ_b (綿)、

第7-3表 絹着用によるかゆみの変化

(指標「昼間のかゆみの程度」)

着用後	着用前				総計
	気にならない	時々気になる	いらいらする	気になり集中できな	
気にならない	5	13	0	0	18
時々気になる	2	7	5	1	15
いらいらする	0	0	0	0	0
気になり集中できな	0	0	0	1	1
合計	7	20	5	2	34

第7-4表 綿着用によるかゆみの変化
 (指標「昼間のかゆみの程度」)

着用後	着用前				総計
	気にならない	時々気になる	いらいらする	気になり集中できな	
気にならない	8	6	1	0	15
時々気になる	3	10	2	0	15
いらいらする	0	0	1	0	1
気になり集中できな	0	0	0	0	0
合計	11	16	4	0	31

「搔く程度」 τ_c （絹）、 τ_c （綿）、「搔き傷」改善度 τ_d （絹）、 τ_d （綿）を求めた。これらの結果を第 7-5 表に示す。いずれの指標についても、 τ_c （絹）、 τ_c （綿）とも値が 0 より大きいことから、絹および綿の肌着を着用することによって、かゆみの程度は軽減方向に作用したといえる。

絹、綿ともに昼間のかゆみ軽減に効果があることが明かとなったが、かゆみ止め肌着と称して被験者に与えていることから、被験者は初めからかゆみ止めに効果があるものとの先入観をもって偏った回答をしていると考えられる。そこで、綿のそれぞれの指標のかゆみ改善度 τ_c （綿）に対する絹のそれぞれ τ_c （絹）との比 t を絹の寄与率として用いた。すなわち、 t は、綿着用の改善度 τ_c （綿）を基準にして絹着用の改善度を評価した指標である。

$$t = \tau_c(\text{絹}) / \tau_c(\text{綿}) \quad (7-1)$$

それぞれの指標に対する t の値を第 7-5 表に示す。ここで、 $t > 1.0$ ならば、絹による改善効果があると考えられる。 t から、綿に比べ、いずれの指標についても絹のかゆみ軽減に効果があるといえるが、各指標に関して、各被験者の使用前後のかゆみの状態の変化を絹と綿について paired- t 検定を行った結果では、「搔き傷」と「搔く程度」が危険率 5% で有意な差を示していた。「搔き傷」と「搔く程度」を指標としてみた場合には、絹の効果が明らかに認められる。

7.3.2 着用前のかゆみの程度によるかゆみ軽減効果の違い

着用前のかゆみの程度によって、かゆみ軽減効果が異なるのではないかと考え、かゆみの程度によるかゆみ軽減効果の違いを分析した。かゆみの程度

第7-5表 かゆみ改善度 τ と絹の寄与率 t

記号	指標	τ (絹)	τ (綿)	絹の寄与率 t
a	昼間のかゆみの状態	0.53	0.23	2.10
b	安眠のしやすさ	0.29	0.26	1.12
c	掻く程度	0.56	0.15	3.73
d	掻き傷	0.53	0.13	4.08

は搔き傷の状態で分類した。すなわち、第 7-6 表と第 7-7 表に示すように搔き傷の状態を 4 段階に分けてこれを「かゆみの程度」とした。ここで、着用によるかゆみの軽減効果を表わすために得点 j を用いた。かゆみに変化のないものに $j=0$ 、少し減少したものに $j=+1$ 、減少したものに $j=+2$ を与え、逆に増加したものについては、 $-j$ （少し増加した -1 、増加した -2 ）の得点を与えた。着用によるかゆみ改善度は傷の階級別に、重みづけ平均 δ として、第 7-6 表と第 7-7 表に示す。 $\delta > 0$ であれば、かゆみは軽減されているとみることができる。絹の着用によって、いずれの傷の程度においても、 δ は正の値を示している。また、絹の δ は、かゆみの程度が「搔き傷あり」、「搔き傷なし」といった軽度の場合に比較的大きい。綿着用によっても、かゆみの軽減の効果がみられるが、その程度は絹に比べ僅かであった。

前節と同様に、綿効果を基準とした絹の効果をかゆみ改善寄与率 d として次のように表わす。

$$d = \delta (\text{絹}) / \delta (\text{綿}) \quad (7-2)$$

搔き傷の程度別に、かゆみ改善寄与率 d を求めると、「搔き傷なし」 $d=1.7$ 、「搔き傷あり」 $d=1.3$ 、「搔き傷で皮膚が厚くなっている」 $d=1.3$ であり（「下着に血がつく」は算出不能）、いずれのかゆみの程度においても絹の方が効果的と考えられる。かき傷の状態からみると、本実験の範囲では、絹の着用効果は軽度な「搔き傷なし」のものに、若干効果的のようである。しかし、かゆみの程度別に分析するためには調査人数が少ないため、かゆみの程度によるかゆみ軽減効果の違いについては、さらに検討する必要がある。

第7-6表 かゆみの程度による
絹着用後の「かゆみの変化(j)」

	着用前に比べてかゆみは					合計	δ(絹)
	減少 (+2)	少し減少 (+1)	変わらない 0	少し増加 (-1)	増加した (-2)		
かゆみの程度							
掻き傷なし	6	3	4	0	0	13	1.15
掻き傷あり	6	7	2	1	0	14	1.19
掻き傷で皮膚が 厚くなっている	0	1	0	0	0	1	1
掻き傷で皮膚が 厚く下着に血がつ	1	2	1	0	0	4	1
合計	13	13	7	1	0	34	1.15

第7-7表 かゆみの程度による
絹着用後の「かゆみの変化(j)」

	着用前に比べてかゆみは					合計	δ (絹)
	減少 (+2)	少し減少 (+1)	変わらない 0	少し増加 (-1)	増加した (-2)		
かゆみの程度							
掻き傷なし	3	3	4	2	1	13	0.69
掻き傷あり	2	9	3	0	0	14	0.93
掻き傷で皮膚が 厚くなっている	1	1	2	0	0	4	0.75
掻き傷で皮膚が 厚く下着に血が	0	0	0	0	0	0	0
合計	6	13	9	2	1	31	0.81

7.3.3着用後の「かゆみの変化」と「肌へのよさ」

被験者各人の絹と綿の着用後の「かゆみの変化」並びに「肌へのよさ」の結果を、絹と綿の相関表として、第 7-8 表、第 7-9 表に示す。これらの表の対角線上の数値は、絹と綿を同じと評価している被験者の数であり、対角線より右上の数値は、絹の方が綿よりもよいという評価をしている被験者の数を示し、左下の数値は、綿の方が絹よりも評価が高い被験者の数を示している。第 7-8 表の「かゆみの変化」から、綿に対する絹のかゆみ改善度 γ を次のように求めた。

$$\gamma = (\sum i \cdot f_{si} - \sum i \cdot f_{ci}) / n \quad (7-3)$$

ここで、 i は第 7-8 表の「変わらない」階級には 0、それよりかゆみ減少方向へ 1 階級進むごとに +1 点の増加、かゆみが増加する方向へ 1 階級進行するごとに (-1) 点を加えた重みであり、 $f_{s \cdot i}$ は絹着用行の度数、 $f_{c \cdot i}$ は綿着用列の度数である。また、 n はデータ総数である。ここで、 γ は $-4.0 < \gamma < +4.0$ の値をとり、 $\gamma > 0$ のとき絹のかゆみ軽減効果があると判断できる。第 7-8 表の結果から、 $\gamma = 0.6$ が得られ、絹の着用は綿より皮膚のかゆみ軽減に効果的に働くといえる。各被験者の回答を、絹と綿について paired- t 検定を行った結果、危険率 5% で有意な差を示した。

また「肌へのよさ」について、「肌へのよさ」率 α を同様の方法で求めた。 $\alpha = 0.3$ が得られ、肌へのよさも綿より絹の評価がよいと考えられるが、paired- t 検定では有意な差は認められなかった。

第7-8表 「かゆみの変化」の絹・綿着用による相関表

かゆみ止め肌着を使う前に比べた場合のかゆみの変化による

絹着用	綿着用					合計
	減少した	少し減少した	変わらない	少し増加した	増加した	
減少した	4	3	4	1	1	13
少し減少した	0	7	4	1	0	12
変わらない	1	2	1	0	0	4
少し増加した	0	1	0	0	0	1
増加した	0	0	0	0	0	0
合計	5	13	9	2	1	30

第7-9表 「肌へのよさ」の絹・綿着用による相関表

かゆみ止め肌着の肌に対する評価による

絹着用	綿着用					合計
	良い	少し良い	良くも悪くも ない	少し悪い	悪い	
良い	10	3	4	0	1	18
少し良い	1	0	3	0	0	4
良くも悪くも ない	0	2	1	0	0	3
少し悪い	2	0	0	0	0	2
悪い	0	0	0	0	0	0
合計	13	5	8	0	1	27

7.3.4着用順序によるかゆみ軽減効果の差異について

同一被験者に絹と綿を同時に与えて実験することができないので、本実験では、素材の異なった着用実験を、他の影響を受けないように一定の間隔をおいて実験した。しかし、本実験でとった2週間という間隔で、完全に他の素材の影響を無視できるかを確かめる必要がある。そこで、以下の様な検討を行った。

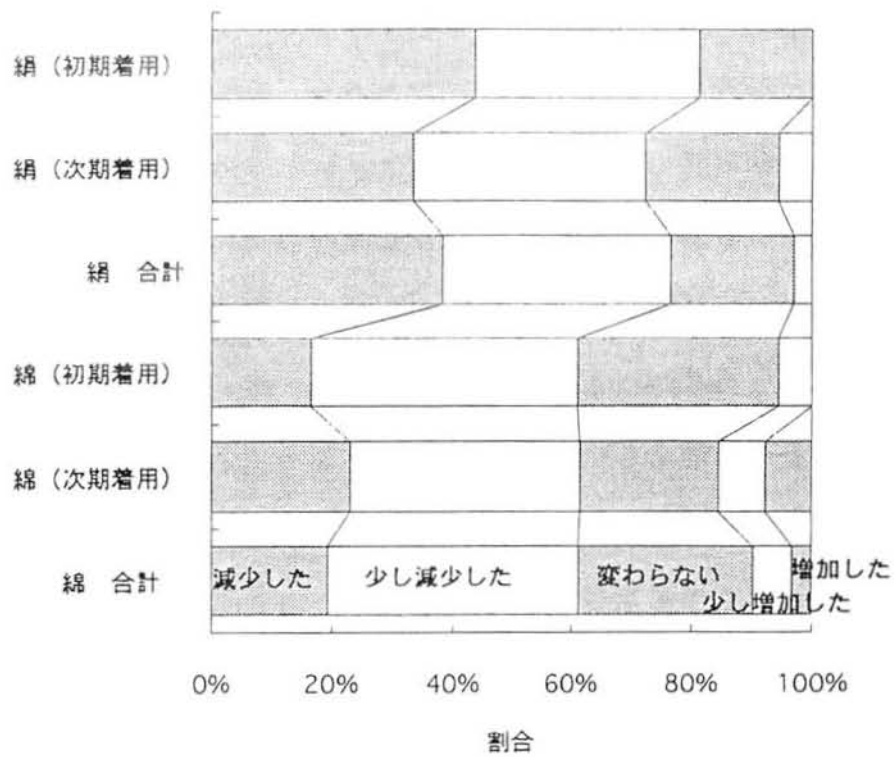
すなわち、素材の着用の順序の違いによりかゆみ軽減に差が生ずるかどうかを、「昼間のかゆみの状態」、「安眠のしやすさ」、「掻く程度」および「掻き傷」の4つの指標について検討した。絹並びに綿着用によって、「掻く度合」がどのように変化したかを着用の順序別に整理すると第7-10表のようになる。絹の着用効果は、初期着用に絹を用いた人の方が、次期着用に絹を用いた人よりも掻く度合が少なかった。綿の着用に関しては、絹の着用後の次期着用により多くの効果が認められた。このように初期着用に絹を用いることが掻く度合によりよい影響を与えていた。他の3つの指標も同様な傾向であった。

第7-1図は肌着着用による「かゆみの変化」についてまとめたものである。ここでも前述の4つの指標の場合と同様の結果を示している。すなわち、絹においては初期着用の方がかゆみが減少しており、綿においては次期着用の方がかゆみが減少した被験者が多い。

以上のように、着用順序を考慮せず着用効果を検討した場合も、考慮して検討した場合も、いずれも絹の方がかゆみ止め効果が大きいことが示唆されたといえる。今後は、着用の順序も考慮して実験を行う必要があることが示唆された。しかし、絹のかゆみ止めに対する効果が絹のどのような物理的特性・科学的特性によるのかは、現在

第7-10表 着用順序によるかゆみの軽減の違い
 (指標「掻く度合い」). ()内は%.

		ほとんど掻かない	時々掻く	よく掻く	一日中掻く	合計
絹	初期着用	8(66.7)	4(33.3)	0(0.0)	0(0.0)	12
	次期着用	8(47.0)	7(41.2)	2(11.8)	0(0.0)	17
綿	初期着用	4(23.5)	11(64.7)	2(11.8)	0(0.0)	17
	次期着用	3(25.0)	8(66.7)	1(8.3)	0(0.0)	12



第 7-1 図 肌着使用による「かゆみの変化」
(着用後の調査による)

のところ解明されていない。可能性としては、絹の平滑さ、すべりやすさ、しなやかさ、吸水性、吸湿性、透湿性、放湿性、熱移動特性等が肌触りによる影響を与え、かゆみ軽減に効果を与えること、またタンパク質繊維としての化学成分が皮膚に対してよい影響を与えること（ただしセリシンに対しては絹アレルギーも報告されている）があげられる。これらの絹の特性により、患者の自癒作用を促すことも考えられる。また、肌触りのよいものを着用したことによる心理的な効果も大きいであろう。いずれにしても、どのような絹の特性がかゆみ止めに効果があるかを解明する必要がある。

また、今回の着用実験には次のような問題点が存在している。すなわち、かゆみの状態の評価が被験者の申告であり、医者判断ではないため、客観的な指標となり得なかった可能性がある。絹・綿とも繊維名を示さず、いずれもかゆみ止め処理をしたと称することによってかゆみ止めに効果を持つものという同じイメージを与えたが、これらの素材の外観や風合いに明かな差があるため、純粋な着用効果以外のたとえば視覚効果等が影響を与えていることも考えられる。短期間の着用であったため、かゆみ止め効果のあるという暗示や絹の心地よい肌触りに刺激された結果としての一時的な効果であった可能性もある。この刺激が安定な状態になるまでのより長期間の試験が必要であるように考えられる。季節も発汗を伴う夏を加え、被験者の人数もさらに増やすなどの点を考慮して、さらに今後研究を行うべきと考えている。

第 8 章

総括

8 総括

布は衣服の最高の材料として今日まで用いられてきており、また今後も用いられ続けると思われる。ある布が衣服として用いるのに適しているか否かを決定する重要な要因としてその表面特性がある。表面特性のなかでも人間に与える影響という点から布表面の接触感に注目した。また布表面の特性を積極的に応用する方法を展望するために皮膚搔痒症に対する肌着の影響を調査した。

人間は体表面の多くの部分を常時布に接触させて生活している。そのため布にとって接触感は他の材料よりも重要な意味を持っている。本研究では布の接触感の発現に表面接触状態が重要な役割を演じていると考えてその接触状態と接触感との関連性について追求した。

まず、第2章で布の接触状態の観察を行い、布表面の接触が多数の小さな接触部で構成されていることを示し、接触状態の評価の基本的な方針としてこれらの接触部の配置状態に注目すべきであることを述べた。接触部の配置状態の概要を把握するために森下の指数を用いて接触部がランダム的な配置ならば滑り感に富み、集団的な配置ならば滑り感に乏しい等の傾向が知られた。

第3章では接触部の配置状態の見方として接触部が全体としてどのような図形を構成しているのかに注目して分析を行った。接触状態画像の容量次元を算出し、配置状態が1次元図形を描くかどうかで接触状態を弁別できる

ことを述べた。

第4章ではこれまで無視してきた接触部の大きさにも注意を払って分析することを検討した。それまでの方法では分析のためにあえて無視してきた各接触部の大きさの情報も取り入れることで分析の安定性の向上が期待できることを示した。接触部の大きさがそろっている状態では、大きさの情報を無視した手法は一種の近似として実用的であるが、接触荷重が増加すると接触部は画像上で合体したように見え、そのため近似が悪化する。このような場合でも接触部の配置状態を正しく表示し、クレープデシンなどの接触部が集団構成的でありこれによって滑り感が乏しいということが確認できた。

接触部の大きさを考慮して分析をするばあいには集中度の値の評価基準が元の接触部の大きさ分布に影響されるので第5章ではさらにシミュレーションを併用することで集中の度合いを示す指数の絶対的な評価基準を明確にした。異型区画を用いることで接触部の配置がバンド状になっている状態を捉えることができ、その傾向が強いほど摩擦間に乏しいということが知られた。

上記の方法はいずれもランダム配置の場合を基準に分析を行っているが第6章では集団配置の場合を基準として分析を行うことで、より詳細に配置状態の差異を記述する方法を検討した。この方法ではとくに織物同士での比較に有効である。

布がその表面特性によって人体に与える影響を考えると、平常時にはそこからどのような感触が得られるかが問題となるが皮膚に異常がある場合などはその症状に対して布表面がどのような影響を与えるかも見逃せない問題である。布が人体表面の広い部分を覆っている以上、布表面が人体に有害な作用をもたらしてはならない。のみならず人体によい影響を与えるような素材を探して利用する、さらに進めて症状などに応じてよりよい表面特性を持

った布の設計が可能となれば皮膚搔痒症などに悩む人々にとって福音となるであろう。

このような目標に向けた基礎調査として第 7 章では衣服の布の表面と皮膚搔痒症の症状との関係を調査し、布の表面が単に感覚的な快適性だけでなく皮膚搔痒症の症状の緩和にも影響があることを述べた。

布の接触感は表面接触時に生じる接触部の配置状態によって影響を受ける。布に触れたときに「すべすべ」「ざらざら」と行った標語で表現される滑り感の発現機構は以下のようなものである。

まず、表面接触部がランダムに配置しているのか、集団を構成しているのかに注目する。接触部がランダムに配置していると人間の皮膚の触覚は刺激を感知しにくい。したがってランダム配置の場合の方が滑り感に富む。また、接触部が 1 次元的配置か、2 次元的配置かという点も注目すべき点である。1 次元的な配置をしていると皮膚の表面に局所的な荷重の差が生じやすく、凹凸が意識されて滑り感に乏しくなる。

上記のように、本研究によって表面接触状態に基づいた布の接触感の発現機構に関する新たな視点を提示することができた。本研究の基礎となっている画像処理、2 次元空間内の個体配置の分析モデル等の手法をさらに発展させていくことで人手によらない接触感の評価法や表面特性を考慮した布の設計手法の確立を目指すことができると思われる。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、信州大学繊維学部教授鳥海浩一郎博士にはひとかたならぬご指導とご鞭撻を賜りました。ここに心から感謝申し上げます。

また、本論文をご査読いただいた、信州大学繊維学部教授 中沢賢博士、同 三浦幹彦博士、そして本研究の着手の当初からご指導いただいた、同 清水義雄博士には、貴重なご指導を賜りました。ここに厚くお礼申し上げます。

さらに、信州大学繊維学部元学部長 近田淳雄博士、信州大学繊維学部助教授 松本陽一博士、恩師で信州大学繊維学部名誉教授 嶋崎昭典博士には有益な示唆、討論、激励をいただきました。ここに感謝の意を表します。

最後に、著者が本研究を実施する間に所属した信州大学繊維学部、特に繊維システム工学科の皆様にも多大なご支援をいただきました。ここにお礼申し上げます。