

Objective Evaluation of Fabric Surface "Prickliness"

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/20220

布表面の“ちくちく性”に関する客観評価法

松平光男・Jack D. Watt*・Garth A. Carnaby*

Objective Evaluation of Fabric Surface “Prickliness”

Mitsuo MATSUDAIRA・Jack D. WATT*・
Garth A. CARNABY*

Abstract

As bending stiffness of a fiber is proportional to fourth power of the fiber diameter, surface prickle problem will occur if coarser types of wool fibers such as New Zealand Crossbred wool are used for apparel products. Surface prickle of fabrics can be prevented by finishing processes of fabrics, the evaluation of prickliness is still done only subjectively. In order to find out objective evaluation method of prickliness, a selection of fabrics with widely differing number and stiffness of protruding fibers was assessed for prickle both subjectively and by three potential objective techniques, viz. low pressure compression testing, laser counting of protruding fibers and a modified audio pick-up technique. It was found that the audio technique was the most effective of those explored. Mean area of signal per impact (a parameter measured by the audio technique, thought to be indicative of force sustained by a fiber when stylus impacted with fiber) was found to correlate well ($R=0.89$) with subjectively determined relative degree of prickle.

1 緒 言

皮膚が布に触れる時に生じる不快感の一つに“ちくちく感”があるが、この“ちくちく感”は布の風合いに最も大きな影響を及ぼすとも言われており¹⁾、衣服全体の快適性を左右することにもなる。“ちくちく感”はかゆみを伴うことが多く、その程度は個人差が激しく、人によっては皮膚の炎症を生じることもある。そのためウール製品の“ちくちく感”の原因としては、

昔はウール繊維によるアレルギーと考えられていた。しかし現在では、アトピー性皮膚炎ですらはじめは皮膚への力学的な刺激によって引き起こされると言われている²⁾。

ウール繊維による皮膚への刺激に関する生理学的な知見は乏しく³⁾、また皮膚刺激の原因となる布の特性に関しても研究はあまり行われていない。しかし、太い繊維の存在が“ちくちく性”と大きく関連するという研究例があり⁴⁾、Garnsworthy ら⁵⁾は布表面から突出した繊維で、約 1 mN 以上の力を支持出来る繊維端が

“ちくちく性”の原因となると報告している。

ニュージーランドで多数飼育されているクロスブレッドの羊毛は繊維径が太く，“ちくちく性”の原因となる恐れから，今まではその用途もカーペット，毛布，カーテン，手編ニット製品等に限られていた⁶⁾。しかし最近，日本繊維機械学会内にある風合いと計量規格化研究委員会（HESC）とニュージーランド羊毛研究所（WRONZ）との共同で，クロスブレッドウールを用いて紳士用夏服地の研究開発が進み，既に实用段階にまで到達している^{7,8)}。クロスブレッドウールによる“ちくちく性”は布の仕上げ工程によって，実用上問題ない程度まで抑えられることも既に判明している⁹⁾。しかしながら布の“ちくちく性”の判定は主観的評価によって行われているため，判定には多くの時間を必要とし，判定者の再現性も悪く，判定者間の個人差も大きいという欠点があった。

本論文は布表面の“ちくちく性”を客観的に把握すべく 3 種類の方法，即ち，低荷重下の圧縮試験，突出繊維のレーザーカウント，及び改良オーディオピックアップで検討した結果をまとめたものである。主観的方法によっても“ちくちく性”を評価し，客観的評価法の可能性について考察した。

2 実験方法

2-1 低荷重下における圧縮試験

低荷重下における圧縮試験には KES-FB 圧縮試験機¹⁰⁾を用いた。但し，低荷重下における精度を増すため，厚さ 1 mm のアクリル円板を圧縮ピストン及び底板に固定することにより，圧縮部の面積を 10 倍 (20cm²) に拡大した。この改良により，薄手布用の高感度条件¹¹⁾の 1/10 の圧力領域を測定可能とし，1 Pa 以上の圧縮特性を厳密に求めることが出来た。このことにより“ちくちく性”の原因となる太い突出繊維（毛羽）が曲げられ圧縮される時の力を測定しようと試みた。アクリル板の水平はブランク試験を行う

ことにより確認した。わずかの圧力下試験では，圧縮部の水平性が最も重要となる。

2-2 突出繊維のレーザーカウント

布表面に突出している繊維の数を WRONZ で開発されたレーザー毛羽メーター¹²⁾で測定した。本装置はカーペットのパイルより突出している毛羽の定量のために開発されたものである。布の表面と水平にレーザー光を定速で走査し (20cm/min)，突出繊維によって妨げられる回数をカウンターで計数し，レーザー光の総量（積分値）をディテクターにより計測する。レーザー光の垂直位置は，0.1mm ごとに可変である。予備実験により本方法では色の濃い太い繊維の場合には 1 本 1 本を区別してカウント出来るが，色の薄い細い繊維の場合 2-3 本以上の繊維束しかカウント出来ないことがわかった。また，繊維が重なっている場合にも，区別でき

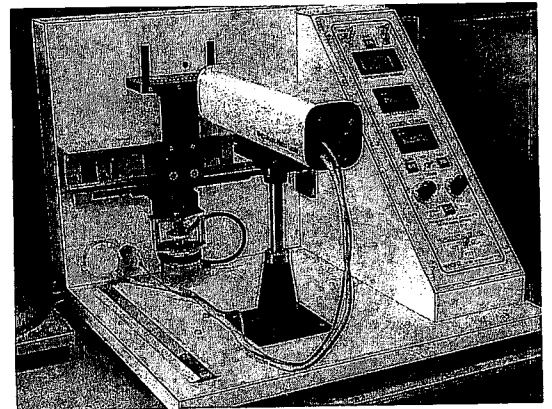


Fig. 1 Appearance of WRONZ laser hairiness meter.

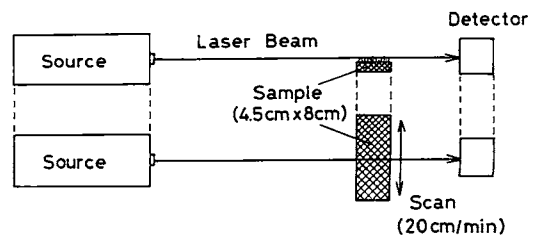


Fig. 2 Laser hairiness meter developed at WRONZ.

ない。それ故、本装置による測定は突出している繊維束の評価として利用する。本装置の外観を Fig. 1 に示し、略図を Fig. 2 に示す。

2-3 改良オーディオピックアップ

オーディオピックアップに用いられている針を改良し、針と突出繊維との衝突により得られる信号を増幅し解析することにより、“ちくちく性”の客観評価を試みた。改良オーディオピックアップの様子を Fig. 3 に示し、針が布上の繊維と衝突するモデル図を Fig. 4 に示す。試料はレコード盤と同様な円板状（直径29cm）とし、ターンテーブル上で定速（可変であるが今回は12cm/s）で回転する。針と布接触面との垂直距離は針両側に設けたスキッドによって可変であるが、得られる信号はこの距離に大きく依存する。今回は0.2mm 一定とした。スキッドの圧力はピックアップアームのバランスおもりによって可変であるが、信号の安定性の観点から3.0gf

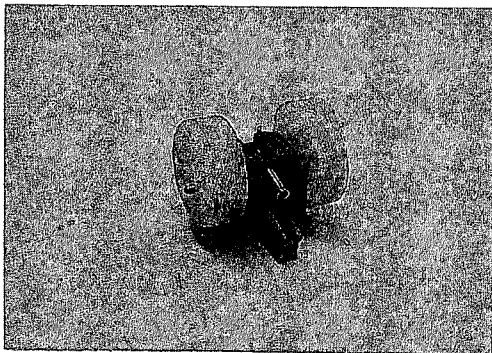


Fig. 3 Appearance of a modified audio pick-up head.

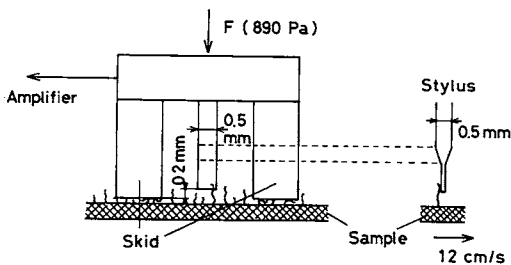


Fig. 4 A modified audio pick-up head to catch an protruding fiber on fabric surface.

とし、この時のスキッドと布との接触面積は 0.33cm^2 となるため、圧力としては890Paを採用した。得られた信号はデジタルメモリーレコーダー（日置電機；メモリハイコード8801）で記録し、また信号を数えるためのパルスカウンター及び信号の面積を算出するインテグレーターを用いた。測定時の様子を Fig. 5 に示す。

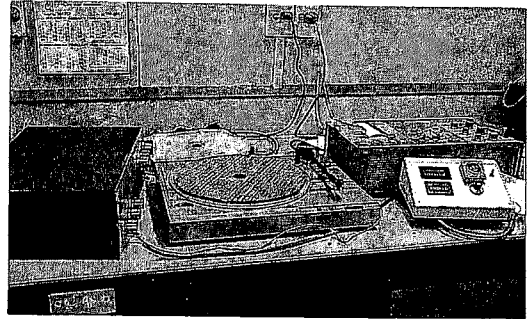


Fig. 5 Appearance of the modified audio pick-up system for fabric “prickle” measurement.

2-4 主観評価

布の“ちくちく性”について、官能試験による主観評価も行なった。判定者としては、繊維製品の試験研究に5年以上の経験を有する者を6名（男女3名ずつ）選んだ。“ちくちく性”としては単に“皮膚をちくちく刺激する感覚”と定義し、2種類の布を比較してよりちくちくしない布を選ぶという対比較法¹³⁾に従った。判定者は布の“ちくちく感”をくちびるや前腕に軽く触れたり滑らすことによって決定した。判定する布の順番は乱数表¹⁴⁾に従った。

2-5 試料

実験に用いた試料を Table 1 に示す。これらはいずれも（カシミア以外）クロスブレードウールを含んでおり、含む割合による“ちくちく性”の相違を検討するつもりで選んだ。サージはホゲット（1年未満の若い羊）より刈り取った100%クロスブレードウール疏毛糸からなっている。プリペラは二重織り構造をしており、表側にはクロスブレードウールが現れ、裏側には

メリノウールが現れている。ブラッドフォードの場合、表側にはクロスブレッドウールを使った横糸が多く現れ、裏側には綿の縦糸が多く現れている。布表面の突出繊維の典型例（サージ、ヘリンボーン、トロピカル）を Fig. 6 に写真で示す。

Table 1 Details of Samples

No.	Name	Structure	Yarns and Fibers (tex) (μm)	Weight (g/m^2)
1	Serge	2/2-twill	Warp; R110/2 - 34 μm Weft; R110/2 - 34 μm	342
2	Puripera		Warp; R37/2 - 22 μm ; 3ends R135/2 - 35 μm ; 1end Weft; R37/2 - 22 μm ; 3ends R135/2 - 35 μm ; 1end	275
3	Herringbone	2/2-twill	Warp; R83/2 - 22 μm 40%/35 μm 60% Weft; R83/2 - 22 μm 40%/35 μm 60%	248
4	Bradford	1/3-twill	Warp; R20/2 Cotton Weft; R41.5 - 22 μm 40%/35 μm 60%	171
5	Tropical	Plain	Warp; R37/2 - 22 μm Weft; R41.5 - 22 μm 40%/35 μm 60%	193
6	Cashmere	2/2-twill	Warp; R125/2 - 17 μm Weft; R129/2 - 17 μm	284

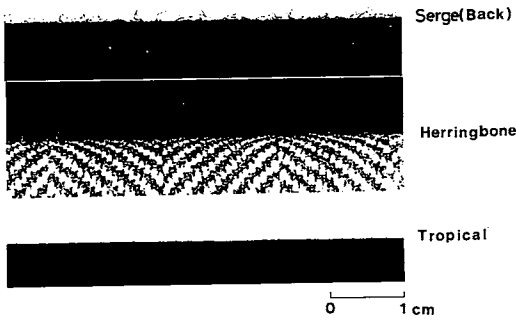


Fig. 6 Surface appearances of typical three samples which have much, some, and few protruding fibers.

3 結 果

3-1 低荷重下における圧縮試験

布の低荷重下での圧縮試験をすることにより、一部の布で布の表を上にする場合と下にする場合とでは、厚みに差が生じることがわかった。Fig. 7 にその結果を示すが、圧力 5 Pa 以下の領域では圧力-厚み曲線が異なっている。サージの場合、表側は仕上げ処理時にせん毛工程を経ているため、突出繊維の量は裏側に比べて少なくなっている。プリペラやブラッド

フォードの場合、表側にクロスブレッドウールが多く現れている。突出繊維の量が多い方を上にした時に厚みが大きく現れていることが明らかとなった。これは低荷重下における圧縮試験では、突出繊維が曲げられる時の力を検出していることを意味している。突出繊維の量が多い方を下にした場合、布の自重(2-4 Pa)によって一部の突出繊維は圧縮する以前から曲げられているため、力として検出されずに厚みが小さく現れることになる。表と裏で突出繊維に違いがある場合にはこの方法でその差を明らかにすることが出来る。

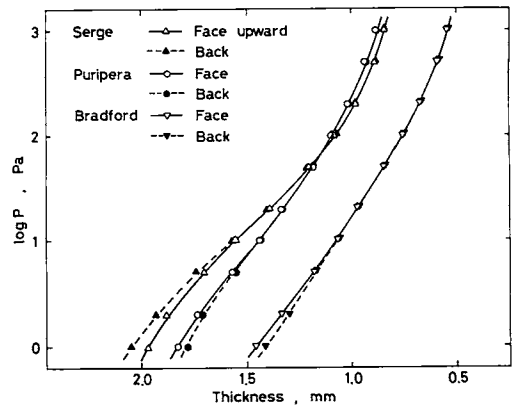


Fig. 7 The compressional properties of fabrics having different degree of hairiness on their face and back side surfaces.

3-2 突出繊維のレーザーカウント

WRONZ レーザー毛羽メーターで測定した突出繊維の繊維束の数を Fig. 8 に示す。この繊維束 1 個は 2-3 本の繊維からなっていると考えることが出来る。レーザー光は布の縦方向及び横方向に走査し、両者の平均を求めた。基準となる位置、即ち Fig. 8 の横軸のゼロ点は以下のように決定した。一回の測定でディテクターで計測されるレーザー光の総量は、レーザー光の垂直位置が布表面から離れており突出繊維量が少ない場合には、ほぼ一定である。しかしレーザー光の位置を布表面に近づけるにつれて繊維量が增大するため、繊維によって遮られるレー

レーザー光の量が増し、ディテクターの計測値は減少する。レーザー光（直径0.3mm）の半分が布の断面で遮られる点で、ディテクターの計測値は約1/4となった。そこでこの点をゼロ点と決定した。

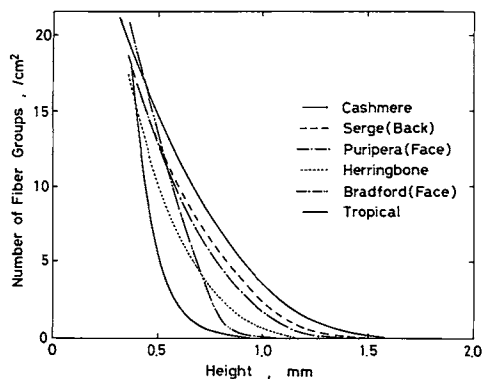


Fig. 8 The number of fiber groups on fabric surface measured by laser beam.

Fig. 8 より表面上の突出繊維の量について布の順位をつけることが出来た。例えば、基準点より0.8mm 高い位置で考えると、突出繊維の量は、カシミア>サージ(裏)>プリペラ(表)>ヘリンボーン>ブラッドフォード(表)>トロピカルの順位となる。トロピカルの突出繊維は極めて少なく、カシミアには繊維径は細いが多くの突出繊維があることがわかる。

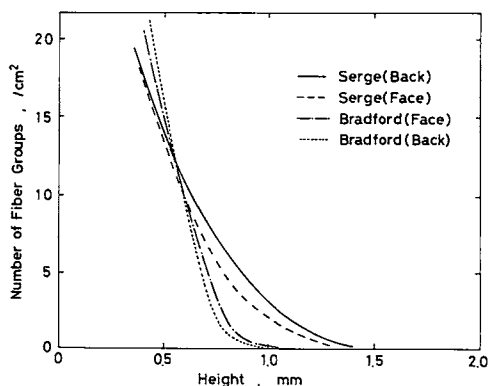


Fig. 9 The number of fiber groups on Serge and Bradford fabric measured by laser beam.

サージとブラッドフォードについて表と裏との違いを Fig. 9 に示す。サージは裏の方が、ブラッドフォードは表の方が多くの突出繊維を有している。この結果は低荷重下での圧縮試験の結果と一致している。ブラッドフォードは他の布に比べて布表面からの高さ依存性が大きく、繊維長の短い毛羽が多くあることが示されている。

3-3 改良オーディオピックアップ

ピックアップの針が繊維と衝突した時に得られる信号の典型例を Fig. 10 に示す。サージの場合、“ちくちく感”の強い布であるが、突出繊維の数は多く信号の出力も大きい。一方、カシミアの場合、“ちくちく感”は全く無い布であり、突出繊維の数は多いが、その信号の出力は小さい。1つの信号は針と1本の繊維との衝突を表しており、Fig. 10の横軸を100倍に拡大した典型例を Fig. 11 に示す。単位時間当りの信号数

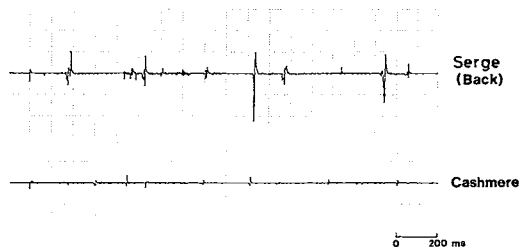


Fig. 10 Examples of signals obtained from two different types of fabrics.

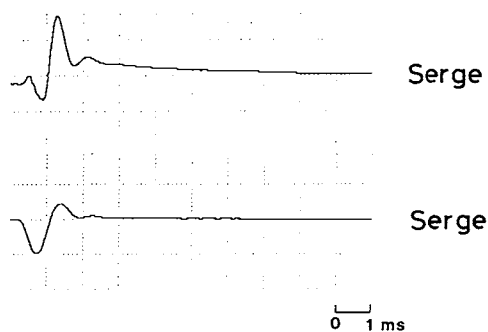


Fig. 11 Two typical examples of signal obtained from a fabric.

はパルスカウンターで計測し、単位時間当りの信号と基準線との間の面積(積分値)は整流及び積分回路を設けたインテグレーターで算出した。

信号の出力は針の移動速度に比例しており、繊維との遅い(12cm/s)衝突によって針が曲げられた状態からの回復振動速度を表している。針の速度対時間の関係は振動子の減衰振動あるいは臨界振動領域に相当していると考えることが出来る。すると振動子の運動方程式は：

$$M \frac{d^2y}{dt^2} + C \frac{dy}{dt} + Ey = 0 \dots\dots\dots(1)$$

但し、M；振動子の質量、C；振動子の粘性定数、E；振動子の弾性定数、y；振動子の変位、t；時間

減衰振動をする場合、(1)式の解は¹⁵⁾：

$$y(t) = Ae^{-\alpha t} \cos(\omega t - \delta) \dots\dots\dots(2)$$

但し、 $\alpha = C/2M$ 、 $\omega = \sqrt{4ME - C^2}/2M$ 、A、 δ ；定数

針の変位は始めの衝突時に繊維によって与えられる力；Pに比例すると考えられるから：

$$y(0) = A \cos\delta = KP \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{dy}{dt}(t=0) = \omega \sin\delta - \alpha \cos\delta = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$\int_0^\infty \frac{dy}{dt} dt = y(\infty) - y(0) = -KP \dots\dots\dots(5)$$

それ故、信号と基準線との間の面積(積分値)は針が繊維によって押された時の力に比例している。即ち本方法では、突出繊維の本数と繊維が支える力を検出していることになる。臨界振動をする場合も(5)式と同様な結果が得られる。

信号の校正はナイロンモノフィラメント(直径；80 μ m、ヤング率；3.6 $\times 10^9$ N/m²)を用いて行なった。長さの異なるナイロンモノフィラメントを塩ビ円盤上に樹脂で垂直に固定し、布の測定と同様にピックアップの針とナイロンとを衝突させた。ナイロンは Fig. 12 (a) のように片持ちはりと同様に曲げられ、その反作用で針が力を受けると仮定して測定した。その結果、

得られた信号の最大振幅及び信号の面積はナイロンの有効長の3乗の逆数に比例し、片持ちはりの仮定が正しいことを確認でき¹⁶⁾、信号の出力を校正できた。“ちくちく性”が高いと思われるサージやプリペラ(表)から多く得られた信号の最大振幅は、突出繊維が針を押す力として0.5—0.6mNに対応した。

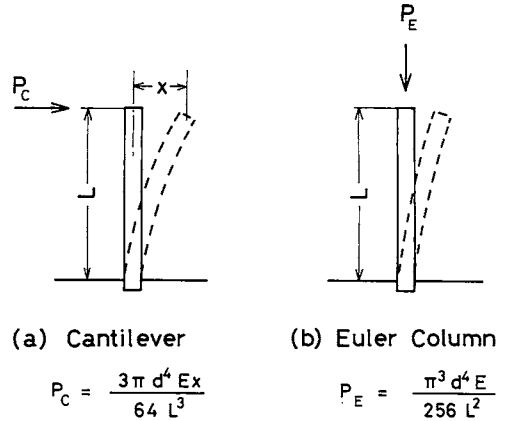


Fig. 12 Models of loaded cantilever (a) and Euler column (b).

Garnsworthy ら⁵⁾は“ちくちく性”の原因となる突出繊維のバックリング(座屈)力として、1 mNなる数値を提出しているが、この場合は繊維に垂直に触れる場合を考え Fig. 12 (b) に示すオイラーの長柱¹⁶⁾で求めたものである。

片持ちはりの末端に変位 x を生じる時の力 P_c は：

$$P_c = \frac{3EI}{L^3} x \dots\dots\dots(6)$$

一方、オイラーの長柱が座屈を生じる時のバックリング力 P_e は：

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} \dots\dots\dots(7)$$

但し、E；物質の弾性定数、I；慣性モーメント(直径 d の円形棒の場合、I = $\pi d^4/64$)、L；はり及び長柱の長さ

繊維を垂直にバックリングさせる力と水平に押す力との比は：

$$P_E/P_C = \frac{\pi^2 L}{12x} \dots\dots\dots(8)$$

今回の校正では L；1.7—2.7mm， x；0.4—1.1mm の範囲であり， P_E/P_C は2.1—3.9 となる。布表面上の実際の突出繊維は垂直とは限らず，また布との関係もそれ程単純ではない。しかしながら，“ちくちく性”の原因になると思われる繊維のバックリング力としては，1.3—2.3mN となり， Garnsworthy らの結果と似た値となっている。

Table 1 の試料について0.1mN 以上の信号の数及び積分値を求め，その結果を Table 2 に示す。“ちくちく性”の原因となる突出繊維は針を押す力が強いいため，信号の振幅値が大きく，また積分値が大きくなると考えられる。そこで1信号当りの積分値も算出しておいた。

Table 2 Number and Area of Signals Obtained by Audio Pick-up Head

No.	Fabric	Number of Signals in 5 seconds		Area of Signals in 5 seconds		Area/Signal
		Mean	S. D.	Mean	S. D.	
1	Serge (Face)	55	5.3	630	154	12.1
	Serge (Back)	77	6.9	1004	98	13.0
2	Puripera (Face)	94	9.0	1035	173	11.0
	Puripera (Back)	88	9.3	439	91	5.0
3	Herringbone	71	4.5	841	87	11.8
4	Bradford (Face)	86	11.0	671	75	7.8
	Bradford (Back)	77	8.1	297	38	3.9
5	Tropical	6.0	2.3	35	11	5.8
6	Cashmere	224	14.0	721	92	3.2

3-2 主観評価

一対比較で行なった主観評価の結果を Table 3 に示す。プリペラやブラッドフォードは表と裏の区別が一目でつくが，サージは区別できな

Table 3 The Number of Judges Who Considered the Row Number to be Less Prickly than the Column Number*

	1	2	3	4	5	6	7	8
1: Serge	-	6	1	1	3	0	0	0
2: Puripera (Face)	0	-	0	2	2	1	0	0
3: Puripera (Back)	5	6	-	5	3	0	3	0
4: Herringbone	5	4	1	-	3	0	2	0
5: Bradford (Face)	3	4	3	3	-	0	2	0
6: Bradford (Back)	6	5	6	6	6	-	2	1
7: Tropical	6	6	3	4	4	4	-	1
8: Cashmere	6	6	6	6	6	5	5	-

* For example, 5 judges considered the Puripera (Back) fabric less prickly than the Serge fabric.

いため表と裏に分けて判別しなかった。6人の判定者間の一致性係数¹³⁾は0.50(最大；1.0，最小；-0.2)であり，極めて良く一致していた(有意水準；0.1%)。主観評価による布の等級を Table 4 に示す。プリペラ(表)やサージは極めて“ちくちく性”が強く，カシミアは全く“ちくちく”しないと言える。

Table 4 The Column Total and Rank Order for Increasing Prickliness for Eight Fabrics

Fabric	Column Total*	Rank
1: Serge	31	7
2: Puripera (Face)	37	8
3: Puripera (Back)	20	4
4: Herringbone	27	5
5: Bradford (Face)	27	5
6: Bradford (Back)	10	2
7: Tropical	14	3
8: Cashmere	2	1

* The number of agreements between judges that the fabric is more prickly.

4 考 察

布の“ちくちく性”について3種類の方法で客観的評価を試みたが，改良オーディオピックアップによる技術が最も可能性が高そうである。Table 2 に示した1信号当りの積分値と主観表価値との相関を Fig. 13 に示すが，両者の相関は極めて高い (r=0.89) と言える(有意水準；1%)。“ちくちく感”が突出繊維の数とは一致せず，また全積分値とも一致せず，1信号当りの積分値と一致することは，“ちくちく感”が曲げ硬い突出繊維に依存していることを意味している。繊維の硬さは片持ちはりの場合もオイラーの長柱の場合も，(6)，(7)式からわかるようにともに繊維径dの4乗に比例するため，繊維径の太いクロスブレードウールは“ちくちく感”の原因となる。しかし，ともに突出繊維の長さLの2乗あるいは3乗に逆比例するため，仕上げ処理の工夫によって抑制するこ

とが出来る。ツイードやニット製品で行われている起毛などはこの例であろう。布のセットをソフトにしたり、糸のよりを弱めることも有効な突出繊維長を大きくすることになろう。

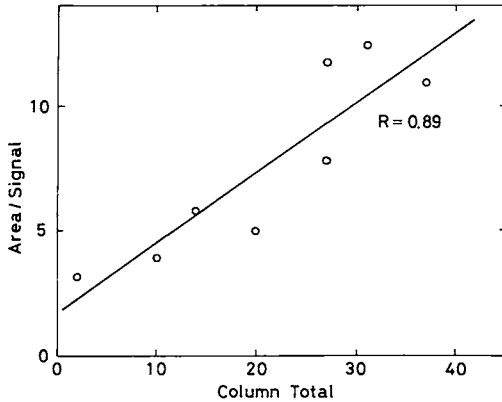


Fig. 13 The correlation between objective prickle (mean signal area per fiber contact as measured by a modified audio pick-up) and subjective prickle (column total).

トロピカルの場合、硬い繊維を約30%含んでいるが、毛焼き、せん毛などの工程によって突出繊維の数を抑えることに成功している。

Table 2 のデータと Fig. 8 の結果とを比較すると、オーディオピックアップで得た突出繊維数とレーザーカウンターで得た繊維束数とは良く一致していることがわかる。“ちくちく性”を全く感じさせないカシミアには細い突出繊維が多数存在していることがわかり、興味ある情報である。Fig. 8 の結果からは基準点からの高さによって突出繊維の分布の違いも示唆される。ブラッドフォードは短い毛羽は多いが長い突出繊維の数は少ないことがわかる。オーディオピックアップを用いても、針と布接触面(スキッド)との距離を変えることにより、レーザーカウントと同様な情報が得られる。

5 結 論

突出繊維の量や硬さの異なる種々の布につい

て3種類の客観評価法；低下圧縮試験，レーザーカウント，改良オーディオピックアップ，及び主観評価法により検討した結果，次の結論を得た。客観評価法として最も可能性の高い方法は改良オーディオピックアップであり，針が1本の繊維と衝突した時に生じる信号の積分値が主観評価法と最も高い相関を示した。突出繊維の数は必ずしも“ちくちく性”とは関係せず，数は少なくとも大きな力を支えられる太い繊維の存在が皮膚に“ちくちく感”を与えることが示された。

6 謝 辞

本研究は筆者の一人(松平光男)がニュージーランド羊毛研究所(WRONZ)に客員研究員として滞在中に行なった研究であり，その機会を与えて下さった WRONZ 及び金沢大学(教育学部)に謝辞を申し上げる。

文 献

- 1) H. Bogaty, N. R. S. Hollies and M. Harris : Text. Res. J., **26**, 355 (1956).
- 2) Textile Asia, **19**(5), 95 (1988).
- 3) D. Sinclair : "Mechanisms of Cutaneous Sensation", Oxford University Press, Oxford(UK), (1981).
- 4) B. N. Hoschke : Proc. 1st Japan-Australia Sympo., Kyoto, The Text. Mach. Soc. Japan, Osaka, p. 375 (1982).
- 5) R. Garnsworthy, R. Mayfield, R. Gully, R. Westerman and P. Kenins : Proc. 7th Wool Conf., Tokyo, Vol. 3, 190 (1985).
- 6) 松平光男：繊維機械学会誌(繊維工学)，**42** (1), P 23 (1989).
- 7) 川端季雄：繊維機械学会誌(繊維工学)，**40** (2), P66 (1987).
- 8) 川端季雄：繊維機械学会誌(繊維工学)，**41** (5), P332 (1988).
- 9) G. A. Carnaby, S. Kawabata, M. Niwa and S. Kurihara : Wool Research Organization of New Zealand Reports, No. R160 (1988).

- 10) 川端季雄：繊維機械学会誌（繊維工学），26（10），P 721（1973）.
- 11) 松平光男，川端季雄，丹羽雅子：繊維機械学会誌（論文集），37（4），T49（1984）.
- 12) G. A. Carnaby and J. D. Watt：Wool Resarch Organization of New Zealand Communications No. C98（1985）.
- 13) M. J. Moroney：“Facts and Figures”，Penguin, p. 334（1958）.
- 14) R. A. Fisher and F. Yates：“Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research”，6th Ed., England（1963）.
- 15) E. Kreyszig：“Advanced Engineering Mathematics”，3rd Ed., John Wiley, New York, p. 62（1972）.
- 16) 渥美光，鈴木幸三，三ヶ田賢次：“材料力学”，森北出版，東京（1986）.