

衣料用不織布のドレープ性に関する研究

白 銀 啓 子
小 山 か ず 子

1 緒 言

前回は、衣料用不織布を耐久性から検討を加え、¹⁾ディスプレイ用としては十分に活用出来ると思われたので、今回は外衣として、人体に美しく、かつ快適に着用していく為に、織物と構造を異にした不織布の、力学的特性の中の1つであるドレープ性について取り上げ、前回と同試料布を用いて、織物と比較しながら検討を試みた。

平面状の布を被服に立体構成した場合に、それを着用するとき、動く立体曲面を被覆する衣服は、引張り変形、曲げ、圧縮、せん断等の各作用を受ける。又、外観特性には二次元的ドレープの曲げ剛さ、せん断作用も加わった三次元的ドレープが重要な因子となって影響されてく

る。

そこで今回は、二次元的ドレープ性の実験として、ハートループ法による測定から布の曲げ剛さを、又三次元的ドレープ性は、ドレープテスターを使って布の垂下の度合、形状を調べると共に、せん断変形の実験も加えた3種類の実験から、力学的特性の重要な因子の1つであるドレープ性について若干の検討を加えたので報告する。

2 実 験

2.1 試 料

実験に用いた試料布は、前回の実験と同じ不織布4種（ナイロン3種、レーヨン1種）、織物3種（綿、レーヨン、ナイロン）の計7種類である。その性状を第1表に示す。

第1表 試 料 布 の 性 状

性 状 種 類		織 維 組 成	厚 さ (mm)	重 量 (g/m ²)	組 織	糸の太さ (Tex)		糸 密 度(本/cm)	
						た て	よ こ	た て	よ こ
不 織 布	試料 1	ナイロン 100%	0.235	62.5	織 維 集 合 体				
	〃 2	〃	0.133	30.4	〃				
	〃 3	〃	0.176	36.9	〃				
	〃 4	レーヨン 100%	0.301	65.2	(綿メッシュ入り)	21.9	19.3	4	4
織 物	〃 5	綿 100%	0.235	98.2	平 織	13.7	13.1	38	33
	〃 6	レーヨン 100%	0.130	76.0	〃	12.7	18.7	35	22
	〃 7	ナイロン 100%	0.075	33.4	〃	3.5	3.6	47	40

2.2 実 験 方 法

1) 二次元的ドレープ性

二次元的ドレープ性の実験として、ハートループ法を用いて布の剛軟性を測定した。

試験片の大きさを、2.5cm×22.5cmとし、た

て方向、30°方向、45°方向、60°方向、よこ方向の計5方向について採取した。

試験片の有効長を20cmとして、ハートループ状に垂らし、1分経過後の垂下の長さを測定した。なお測定回数は測定値にバラツキがみられ

た為、10回としその平均を取った。

又用いた試料布が、不織布は表裏の別がなく織物は3種とも平織であったことから、表側のみの測定とした。

2) 三次元のドレープ性

直径25cmの円形の試験片を直径12.5cmの円形支持台の上にのせて、支持台と同じ半径の円板でおさえて垂下させ、三次元のドレープを作

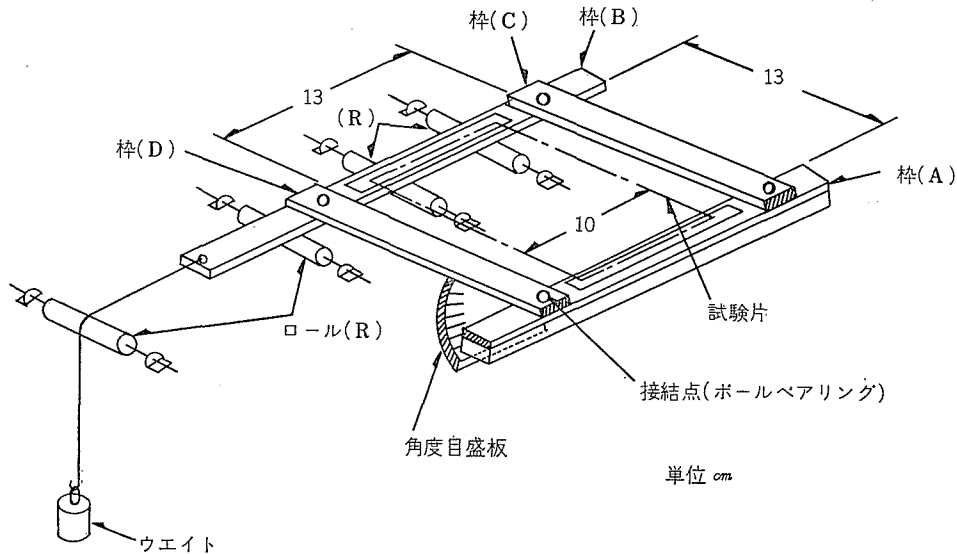
る。ドレープした試験片のへムの輪郭曲線から三次元のドレープを検討した。

なおこれらは、ドレープテスターを用いて行った。

3) セン断変形

第1図に示すような実験装置を組立て、せん断変形の測定を行なった。

第1図 セン断変形の測定装置



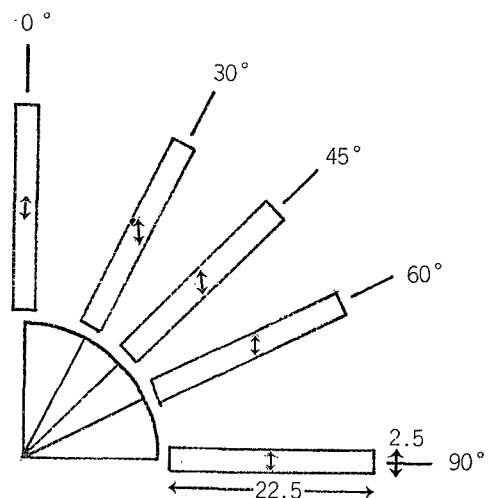
- 備考 1. 試験片のAB棒への取り付けは、適当な接着テープで行なう。
2. 棒の各接点にはボールベアリングを用い自由に滑動できるようにした。
3. 可動棒Bは、ボールベアリングによって自由に滑動できるロール上に位置し、試験片のゆがみに対応して自由に滑動できるようにした。

試験片10cm×15cmの大きさに採取したものを枠組内の真中に図のように左右の両端を接着テープで固定し、荷重装置に50g又は100gの重さをかけて、枠組が移動した時のその交角の変化を読む。

なお試験片は、たて方向、45°方向、よこ方向の3方向とし、30g、100g、150gの3種類の荷重で予備実験を行なったが、30g荷重では引張り変形が得られず、又150gでは、枠組に固定した試料がはがれる場合が出たので、50g、100g荷重の2種とした。又、得られた値にバラツキがなかったので、3回の測定を行ってその平均をとった。

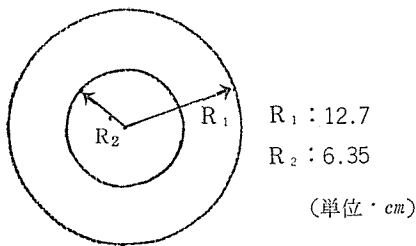
1～3までの実験に用いた試験片の形状を、第2-1図～第2-3図に示す。

第2-1図 試験片(二次元のドレープ性)

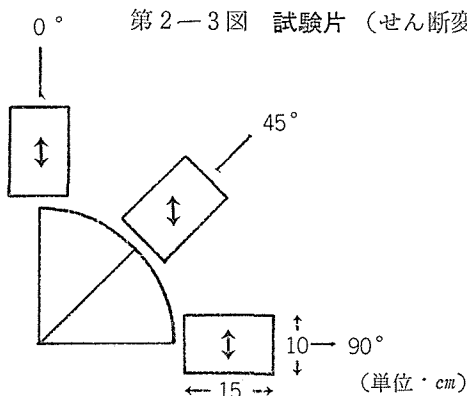


(単位: cm)

第2-2図 試験片（3次元のドレープ性）



第2-3図 試験片（せん断変形）



3 結 果

1 二次元のドレープ性（布の剛軟性）

1) 測定値からの理論式による展開

ハートループ法により測定した垂下の長さ ℓ の値による剛軟性について検討すると共に、更に二次元的なドレープ性としての曲げ剛さをあらわすために、Peirce（英）の理論式²⁾によって試験片の単位幅について単位曲度に対する曲げモーメントを剛軟度として求めた。

そこで次の式によりハートループ法で測定された垂下の長さから、布の曲げ剛さ G の値を計算した。

つかみ部分をのぞいた試験片の全長…… L

ハートループ法による垂下の長さ……… ℓ

$$\ell_0 = 0.1337L \quad d = \ell - \ell_0$$

布の曲げ長さ $c = \ell_0 f_2(\theta)$

$$\theta = 32.85^\circ \times d / \ell_0$$

$$f_2\theta = (\cos\theta / \tan\theta)^{1/3}$$

織物の曲げかたさ $G = wc^3$

2) ハートループ法により測定した垂下の長さ ℓ の値による剛軟性は、第2表に示す様に、試料4を除いた不織布は、平均70mm~79mmの間であって織物の綿、レーヨンとほぼ同程度の値であった。

しかしレーヨンパルプを原料とした短繊維から作られた試料4の不織布は、ナイロンを原料とした長繊維から作られた他の不織布3種に比べ、約25%も垂下の長さは短かく、極度に張りのある性状をあらわした。

第2表 剛軟性（ハートループ法による垂下の長さ）

種 類		単位：mm				
		布目方向	たて	30°	45°	60°
不織布	試 料 1	68	70	66	72	72
	〃 2	69	68	69	72	76
	〃 3	67	74	77	84	92
	〃 4	38	47	48	51	57
織物	〃 5	71	76	76	79	79
	〃 6	69	76	78	82	78
	〃 7	85	93	91	87	87

3) 更にPeirceの理論式²⁾によって、実験値の垂下の長さ ℓ から曲げ剛さ G の値を求めたものを第3表に示す。

厚さ、重さの似かよった試料2、3がほぼ同じ曲げ剛さを示したのに対し、試料2、3よりかさ高のある試料1の不織布は、約2倍の曲げ剛さを示し、綿、レーヨンとほぼ同程度であった。

それに比べ、試料4は、他の不織布3種よりも10倍内外も値が大きく出ている。

曲げ剛さの値が一番小さいのはナイロンで、綿、レーヨンの約1/10と大変やわらかい性状を示した。

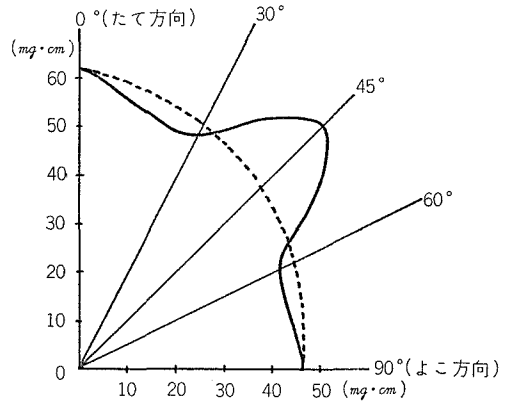
第3表 剛軟度（曲げモーメント） 単位：mg・cm

種 類		布目方向				
		たて	30°	45°	60°	よこ
不織布	試料 1	61.9	53.5	71.4	46.1	46.1
	" 2	28.1	30.1	28.1	22.4	16.1
	" 3	39.0	23.2	17.9	8.5	2.1
	" 4	493.5	243.6	228.6	188.7	131.1
織物	" 5	78.3	52.8	52.8	39.5	39.5
	" 6	70.0	40.8	33.6	22.3	33.6
	" 7	6.7	1.4	2.4	5.0	5.0

4) 更に方向別差異を検討するためにPeirceの理論式によって、たて、よこ方向の値をもとに、30°, 45°, 60° 方向の値を計算し、実験値と比較したものを極座標であらわすと第3—1図から第3—7図となる。

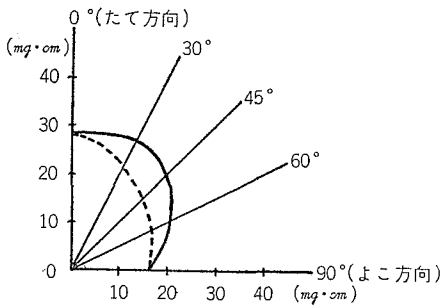
方向別剛軟度Gの変化

第3—1図 資料1

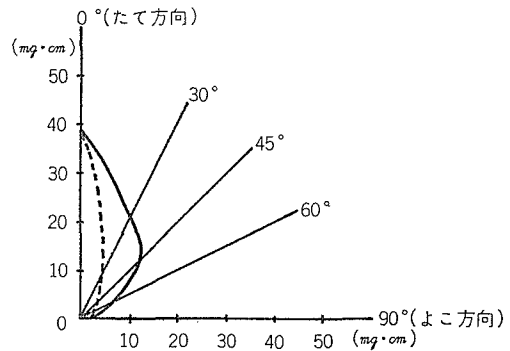


注) 実験値の垂下の長さ l から求めた曲げ剛さ $G \dots\dots \frac{G_0 G_1}{(\sin^2 \alpha \sqrt{G_0} + C_0 s^2 \alpha \sqrt{G_1})^2}$

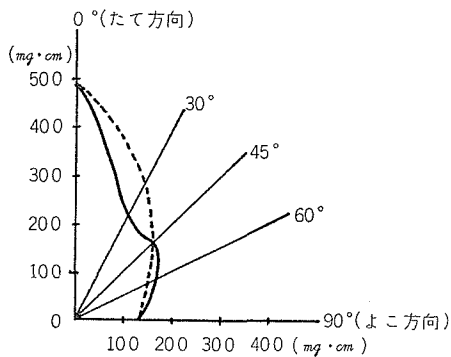
第3—2図 試料2



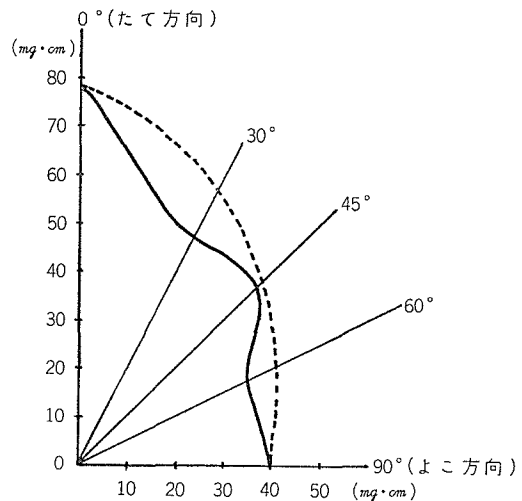
第3—3図 試料3

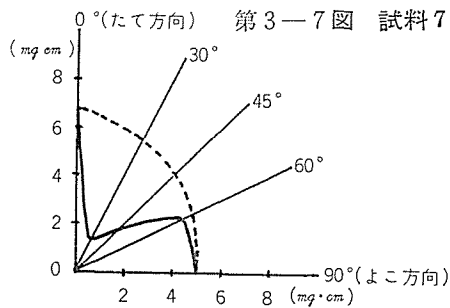
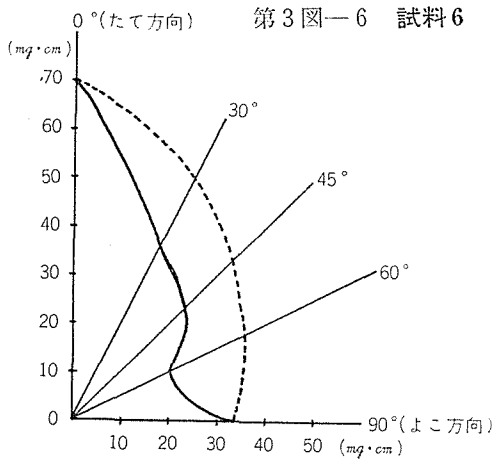


第3—4図 試料4

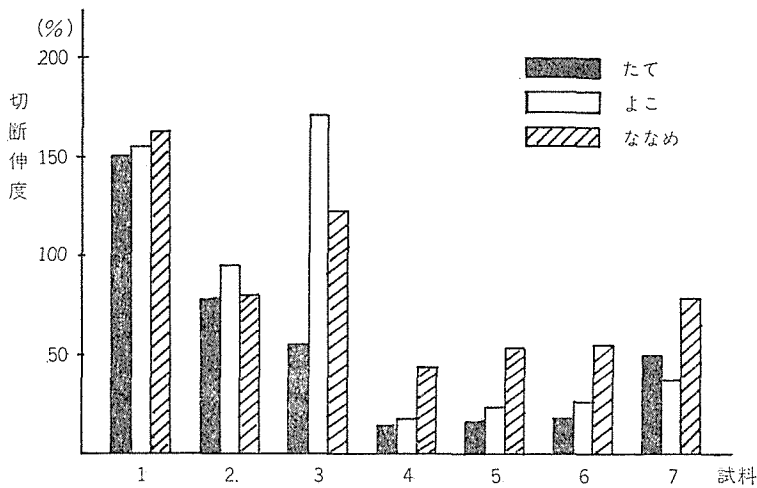


第3—5図 試料5





第4図 切 断 伸 度



$$\text{切断伸度} = \frac{\Delta l (\text{伸びた長さ})}{l (\text{もとの長さ})} \times 100 \quad (\%)$$

2 三次元のドレープ性 (布のドレープ性)

1) ドレープテスターに用いる円形の試験片の半径を R_2 とし、支持台の半径を R_1 とする (第1図参照)。そして支持台からの垂下した試験片のへムの輪郭曲線で囲まれる面積を S とすると、試験片に対するこの曲線で囲まれた面積

織物3種は、30°, 45°, 60° のバイヤス方向において、実験値が計算値より小さくなっている。それに較べ不織布は、実験値が計算値より大きい傾向にある。

このことは、本実験に使用した平織組織の織物は、布地のせん断現象の影響で、バイヤス方向にやわらかい性状を示したのに対し、不織布は織物でないため、せん断変形の現象が起こらず、従って計算値よりも大きく剛い性状を示したと思われる。

たて、よこ方向の差異は、不織布、織物双方ともたて方向に剛く、よこ方向にやわらかくなっている。

特に試料3の不織布は、第4図に示すようによこ方向に伸縮性をもたせてあるため、たて、よこの差が顕著にあらわれた。

又試料4の不織布も試料3と同傾向を示しているが、これは前回の実験の引張り及び引裂き強度においても、よこ方向が一番弱かった事から、ウェッジの配列方向による影響があらわれたと思われる。

S の割合は、

$$DC = \left[\frac{(S - \pi R_1^2)}{\pi (R_2^2 - R_1^2)} \right]$$

DC……ドレープ係数

であらわすことが出来る。

実験結果から、上式より割り出したドレープ係数を第4表に示す。

試料2, 3の不織布は, ドレープ係数 約0.5強で, 綿, レーヨンと同程度のドレープ性を示したのに対し, 試料1の不織布は, 0.77とやや大きく, 従って試料2, 3よりもドレープ性が多少劣る。

又試料4の不織布は, 0.93とほとんど垂下しておらず, ドレープ性が極端に悪かった。

ナイロンは, 0.37とドレープ係数は小さく, やわらかい性状を示した。

2) 次にドレープした形状をみるために, 試験片のヘム輪郭曲線で囲まれる面積 S と同じ面積を持つ半径 r を求め, 計算式より算出された半径 r の円を, 半径 R_2 の中心に合わせて描きそれを更に $2\pi r$ を x 軸とする直角座標に変換

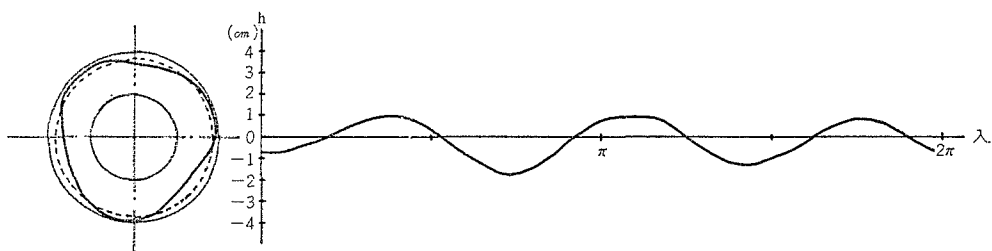
第4表 ドレープ係数

		DC
不織布	試料 1	0.778
	" 2	0.551
	" 3	0.530
	" 4	0.932
織物	" 5	0.631
	" 6	0.524
	" 7	0.375

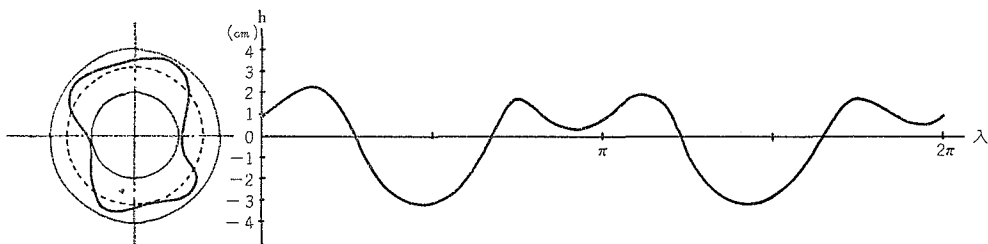
したものを第5—1図～第5—7図に示す。

ヘム曲線の極座標から直角座標への変換

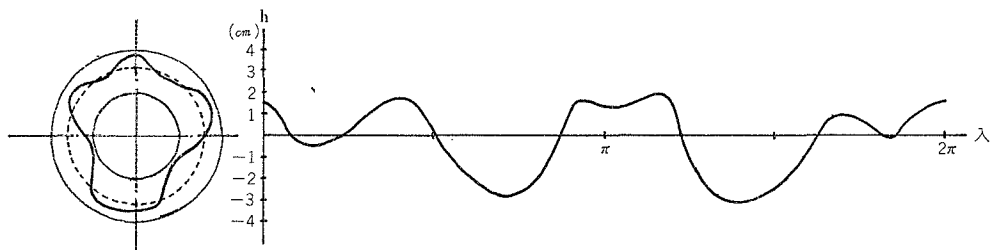
第5—1図 試料1



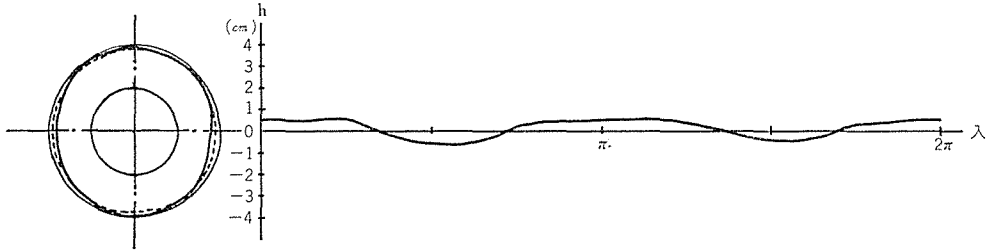
第5—2図 試料2



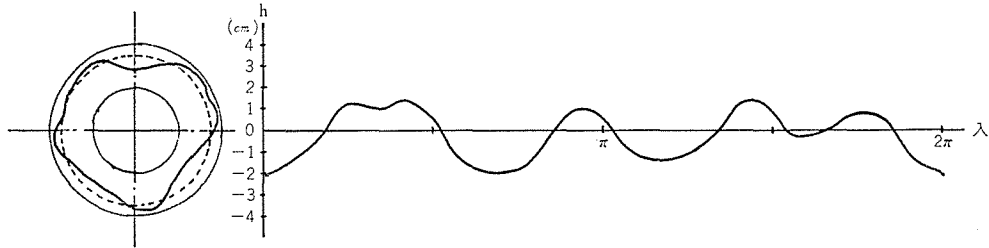
第5—3図 試料3



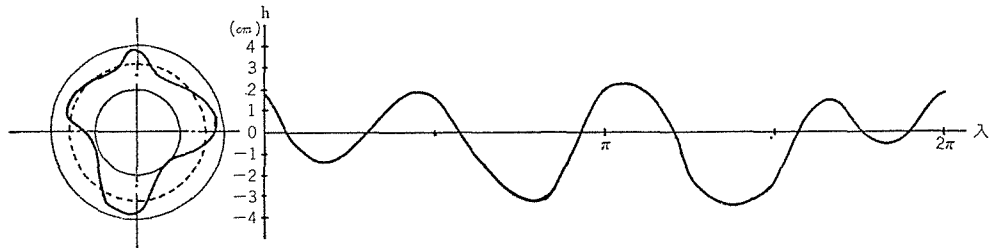
第5—4図 試料4



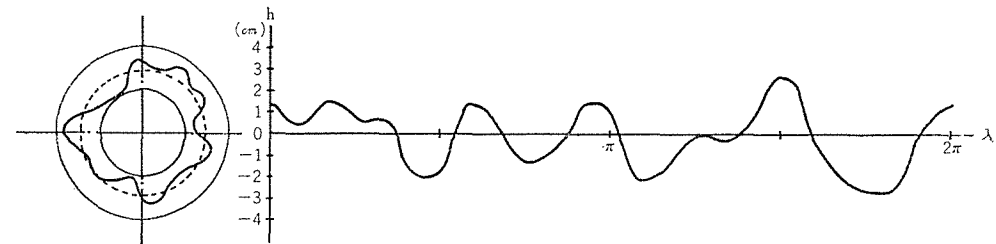
第5—5図 試料5



第5—6図 試料6



第5—7図 試料7



ドレープ係数の似かよった不織布2種と織物の綿、レーヨンの合計4種のドレープの形状は試料2, 3の不織布間、又綿、レーヨンの織物同士が似かよった形状を示した。

すなわち、不織布は、たて方向にノード（凸部）が出ており、よこ方向につまった、たて軸方向に細長い形となってあらわれた。

それに対し試料5, 6の綿、レーヨンは、どちらもノードの数が4個出ているが、うち右半分の2個のノードが大きな波長を示したのに対し、残りの左部2個は小さく浅いノードとなつてあらわれている。

又試料1の不織布は、ドレープ係数が試料2, 3に較べ大きかったが、ノードの数も3個と少なく、大きく浅い波長を示したが、その波長は均等に配分されたきれいなドレープとなつた。

試料4の不織布は、ノードが0で、たて方向にやや長い楕円の形状を示したにすぎず、ドレープ係数0.93であつたことから解るように、最も紙に近い形状となつた。

試料7のナイロンは、ノード数7個と、実験試料布中一番多く、又それぞれに不均一な形状となつてあらわれ、やわらかい複雑なドレープ

を示した。

3 セン断変形（布のせん断性）

1) セン断角 θ の値は、第6-1図と第6-2図に示すように、不織布は試料3のたて方向を除いて50g荷重、100g荷重 いずれも $0.5^{\circ} \sim 4.2^{\circ}$ の範囲にあって引張り変形が少ない。

それに比べ織物は、 $1^{\circ} \sim 9.2^{\circ}$ とその範囲は広く、特にナイロンのたて方向とよこ方向は、50g荷重で約 6° 100g荷重で約 9° とその値は最も大きく、引張り変形が顕著にあらわれた。

2) 方向による引張り変形の差は、試料3を除いた不織布は、最高 1.2° とほとんど異方性がなかった。

このことは、不織布が繊維集合体であるため、織物のように、たて糸とよこ糸の交差角の変化が生ぜず、従ってせん断変形が伴わないからと思われる。

試料3の不織布は、よこ方向に伸縮性をもたせてあるため、たて方向に強い引張り変形を示した。つまり、力は試料サイズ及び実験方法から、たて 52° 方向に強く働らくので、よこ方向の因子の影響があらわれてくるものと思われる。

織物は試料6を除いた2種双方とも、たて地にとった試料の引張り変形が最も大きく、ついでよこ、 45° バイヤスの順となついる。

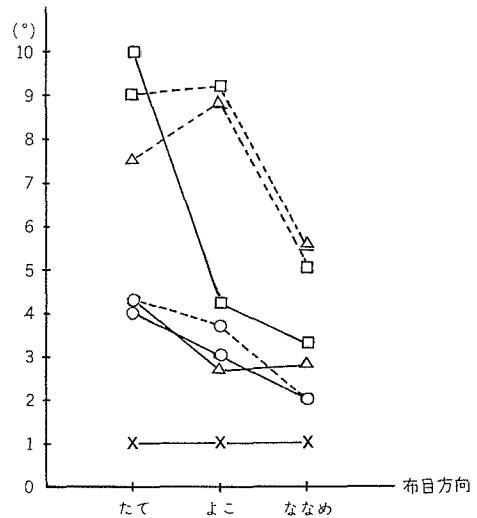
このことは、上述のように、たて方向の試料は、たて 52° 方向に力が加わる。つまりよこ方向の因子が加わったバイヤス方向になるため、よこ方向の試料がその反対にたて方向の因子の多いバイヤスより、引張り変形が最も顕著にあらわれたものと思われる。

又、 45° バイヤスの試料布は、たて 7° の方向に力が加わるため、変形が最も小さくあらわれたのであろう。

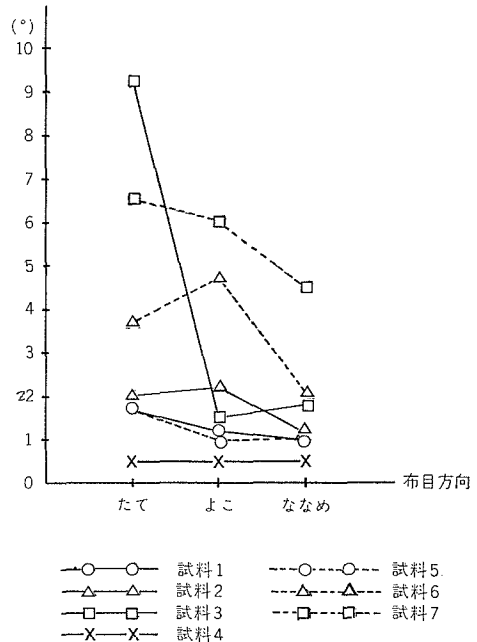
これらの結果は、織物がたて糸とよこ糸の交差角の変化によるせん断作用を受けて、異方性をあらわしたものと云える。

織物がせん断変形特性を伴って引張り変形がなされている所を写真1に、せん断変形を伴わないで突っ張った状態で引張られている不織布を写真2に示す。

せん断変形
第6-1図 50g荷重



第6-2図 100g荷重



4 考 察

以上の結果をさらに分析すると、

1) ナイロンを原料とした長繊維から作られた不織布3種は、今回の実験に用いた平織組織の綿、レーヨンと似かよった剛軟性を示し、又 Peirceの理論式によって曲げモーメントをあらわした剛軟度Gの値についても同じことが云えた。

写真1

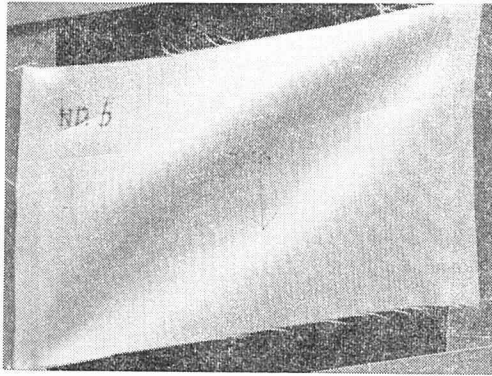
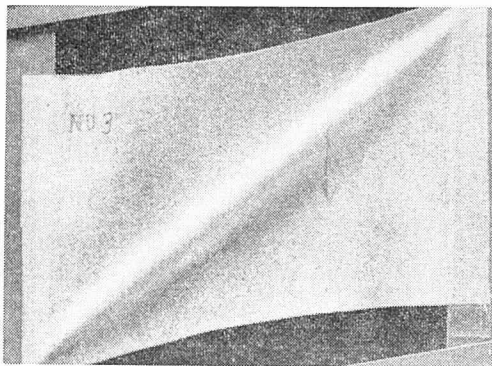


写真2



更に、三次元のドレープの実験結果からも、ドレープ係数については、上記の不織布3種と織物2種が近似値を示している。

2) しかし、二次元、三次元の総体的なドレープ性は似かよっていても、更にこまかく方向別に検討していくと、不織布と織物の違いが顕著に出ている。

すなわち、Peirceの理論によって、たて、よこ方向の値をもとに、 30° 、 45° 、 60° 方向の値を計算し、実験値と比較すると、織物は上記バイヤス3方向において、実験値が計算値より小さくやわらかい性状を示したのに対し、不織布は大きい傾向にあり、理論式より剛い性状を示している。

せん断変形の実験結果も、不織布の引張り変形のせん断角 θ は、織物の約 $1/2$ の変形量であり、又異方性が織物に顕著にあらわれたのに対し、不織布はほとんどあらわれなかった。

又三次元のドレープの形状も、ドレープ係数の似かよった不織布2種、織物2種の合計4種は、不織布同士、織物同士がそれぞれに2つに分かれて、似かよった形状を示している。

3) 以上の結果から推察されることは、織物はたて糸とよこ糸の交差角の変化が生じてせん断変形特性を示すのに対し、不織布は繊維集合体であるため、せん断変形があらわれず、従って、特殊な場合を除いて異方性がないものと云える。

5 結 論

平面状の布を被服に構成する時、複雑な曲面をもつ人体を被覆し、しかも人体の動作にともなって身体各部の変形に適合しなければならない。

曲線裁ちの立体構成からなる洋服は、たとえば、胸や腰のふくらみ、後肩の丸み、脇線ののぼし等、いせたりのはしったり、織物のせん断性を利用して人体の立体曲面にそわせ、機能的、かつ美的に作られている。

しかしせん断変形特性の件わない不織布は、曲線裁ちを利用した、いせ、のはし等の操作を行うことが、織物に較べ困難と云えよう。

不織布を外衣として利用していく時、せん断特性を必要とする人体に密着したゆるみの少ないデザインはさけて、せん断特性を比較的必要としない、ゆるみの多い直線裁ちの衣服に応用していくならば、機能上、耐久性、更に外観上からも、不織布の特質が生かされるのではないかと考える。

最後に、本研究をすすめるにあたり、御熱心なお力添えを賜りました、工業技術院繊維高分子材料研究所、土林貞雄主任研究官、ならびに御校閲いただいた川村短期大学、安盛都子助教授に深謝の意を表します。

又、試料の1部を提供下さいました、日本バイリーン株式会社に御礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 白銀, 日黒: 衣料用不織布の耐久性に関する研究, 山梨県立女子短期大学紀要 第5号 (1972)
- 2) F.T. Peirce: J. Text Inst, 21, T377~T414 (1930)