

衣服の形態の安定性について

局部の変形歪量との関係

出 羽 秀 明

1. 緒 言

近年衣料素材として、テクスチャードヤーン（カサ高加工糸）をはじめとし、スパンデックスと呼ばれるポリウレタン系繊維を用いたストレッチファブリックや、ニットファブリック（メリヤス）などが広く用いられている。これは主として、それらの素材の持つ高い伸縮性、及びゆたかなバルキー性による。身体に良く適合し、身体の動きに対し衣服の抵抗を感じさせない。すなわち着心地の良さが要求されているからに他ならない。しかしこの着易さで問題となるのは、形崩れのしやすさを伴うということである。衣服を着用した際人体の動きによって衣服は常に変形を受け、特に、膝、肘、臀部などの局部変形はかなり大きく、Wm. Kirk¹⁾によると皮膚の伸縮量は、最大50～60%であるから、衣服の受ける変形もかなり大きく、いわゆる抜けを生じ、形崩れを起こすことになる。これらの形崩れは衣服の受けた歪が、永久歪となってあらわれたものである。この永久歪は、衣服地の伸長弾性と密接な関係を有する。従って、一般には織物の伸長弾性率を測定し、それをもってその織物の形態の安定性の目安としている。しかし着用中に衣服地の受ける変形歪は、人体の各部分で異なり、弾性回復は荷重時間によっても異なるのであるから、衣服の形態の安定性の立場からは、これらの因子を導入した実験結果を併せ考える必要があると考えられる。

本研究は以上の観点から、人体局部の変形歪量を求め、弾性回復試験による永久歪量と衣服の形態の安定性との関係を究明した。

2. 局 部 変 形

1) 屈曲部の変形

腕や足の屈伸による変形は、材料力学的に円筒管の曲げ変形に類似すると考え得るが、前述の如く屈曲部に於ける歪は非常に大きいものであるから、唯単に円筒管の曲げ変形では、腕や足の屈曲を考え得ない。特に、曲げ局部に於ては、特殊な変形を考えなくてはならない。この屈曲部の変形に関して、呉²⁾らは石鹸膜理論を導入しているが、ここでは、曲げ局部の変形の際に得られる2次曲面が球面であると仮定した。

第1図より、球面と y 平面との交線として歪が得られその歪は、

$$\varepsilon_0 = \widehat{AB} - \overline{AB} / \overline{AB} \quad \text{—————(1)}$$

$$\overline{AB} = 2b$$

$$\widehat{AB} = 2r \int_0^b \frac{1}{\sqrt{r^2 - y^2}} dy$$

$\angle AOB = \theta$ とすると $\overline{AB} = r \cdot \theta$ であるから(1)式は、

$$\varepsilon_0 = r \cdot \theta - 2b / 2b \quad \text{—————(2)}$$

(2)式より歪は、 b を定めると θ (屈曲角) の函数として表わせる。最大歪は、 $\theta = \pi$ で約57%。また b は腕や足の太さに関係する量である。

ただし、(2)式による歪がそのまま衣服にかかるわけではない。実際に腕や足の屈伸によって衣服にかかる歪は、(2)式から足や腕に対応するズボンや袖部分の太さ(ゆるみ分)および衣服と、皮膚または衣服との摩擦によるすべり量を減じたものである。そこで第1図に示す如く、 lc なる量を考え、(2)式による歪が lc によって緩和されるとすると(2)式は、

$$\varepsilon = r \cdot \theta / 2(b + lc) - 1 \quad \text{—————(3)}$$

lc の決定は困難であるが、メリヤスの如くに皮膚や下着に密着したものであると、摩擦による張力の減少を考えれば、ある程度 lc を決定できる。

メリヤスの弾性定数を E とした場合、張力—歪曲線が直線的ならば

$$T_0 = E \varepsilon_0 \quad \text{—————(4)}$$

屈曲局部からの距離 y と、張力 T の関係は

$$dT = -\mu \cdot N \cdot dy$$

μ は摩擦係数、 N は法圧力

$$\int dT = -\mu N \int dy + k$$

$y = 0$ で $T = T_0$ より

$$T = -\mu \cdot N \cdot y + T_0 \quad \text{—————(5)}$$

(5)に(2)、(4)式を代入して

$$T = -\mu N y + E \left(\frac{r\theta - 2b}{2b} \right)$$

$T = 0$ となる y は

$$y = \frac{E}{\mu N} \cdot \left(\frac{r\theta - 2b}{2b} \right) \quad \text{—————(6)}$$

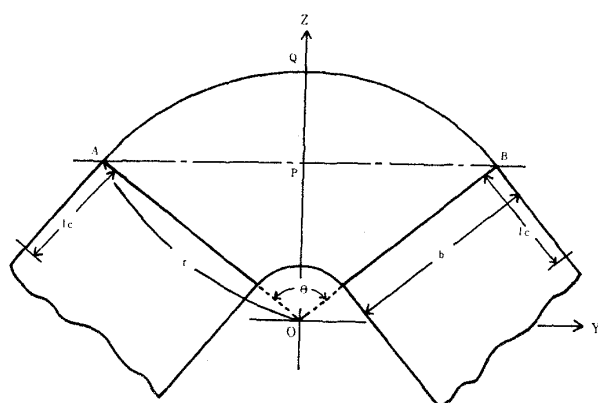
(6)式の y は、屈曲部の張力が摩擦によって減少し、張力が零となる距離、すなわち、屈曲部の歪の影響範囲を示すから、(3)式の lc に近似される。

従って、(3)式は(6)式より、

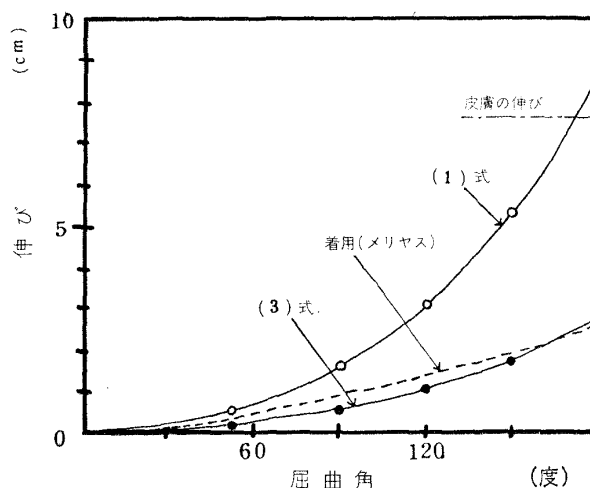
$$\varepsilon = \frac{\mu N b \cdot r \theta}{E(r\theta - 2b) + 2\mu N b^2} - 1 \quad \text{—————(3')}$$

第1表に(2)式および(3')式による屈曲角と伸びの理論曲線を示した。表中の破線は実際にメリヤス衣服を着用した際の伸びを、着用実験により求めたものである。修正式(3')はこの曲線に類似している。ただし(3')式による曲線は式中の $E/\mu N=5$ と仮定したものである。

第1図 屈曲部の変形



第1表 屈曲によって生ずる衣服の変形伸び
(屈曲角と伸びの関係)



2) 袖口部の変形

袖口部における形崩れは、特にメリヤスのように皮膚に密着した衣服に於いて問題とされる。腕を円形と仮定し、仮想半径を R とし、袖口の半径を r とすると、

$$\Delta r = R - r$$

$$\epsilon_t = \Delta r / r \quad \text{--- (7)}$$

袖口部における衣服の歪は(7)式で表わせる。

なおこの時、着心地に関する量として腕の受ける圧力は、材料力学的に簡単に表わせられ

$$P = \Delta r / r^2 \cdot E \cdot 1/t$$

となり、 E は布の弾性係数、 t は布の厚さである。

3. 弾性回復実験

実験は、各試料布(試長15cm、試巾5cm)に6.6%、13%、20%の歪(伸長)を与え、15分間緊張—30分間無緊張放置、30分間緊張—60分間無緊張放置し、次式により弾性回復率および永久歪率を算出した。

$$(\%) \text{弾性回復率} = (a-c)/(a-o) \times 100 \quad \text{--- (8)}$$

$$(\%) \text{永久歪} = (c-o)/o \times 100 \quad \text{--- (9)}$$

o ; 試長、 a ; 引伸した時の長さ、 c ; 放置後の長さ、

試料布として、次の4種を用いた。

ウール100%織物 (巻縮加工糸使用)

ストレッチ織物 (スパンデックス9%、レーヨン77%、ポリノジック14%)
 デニム (レーヨン70%、アクリル30%)
 パール編物 (綿100%)

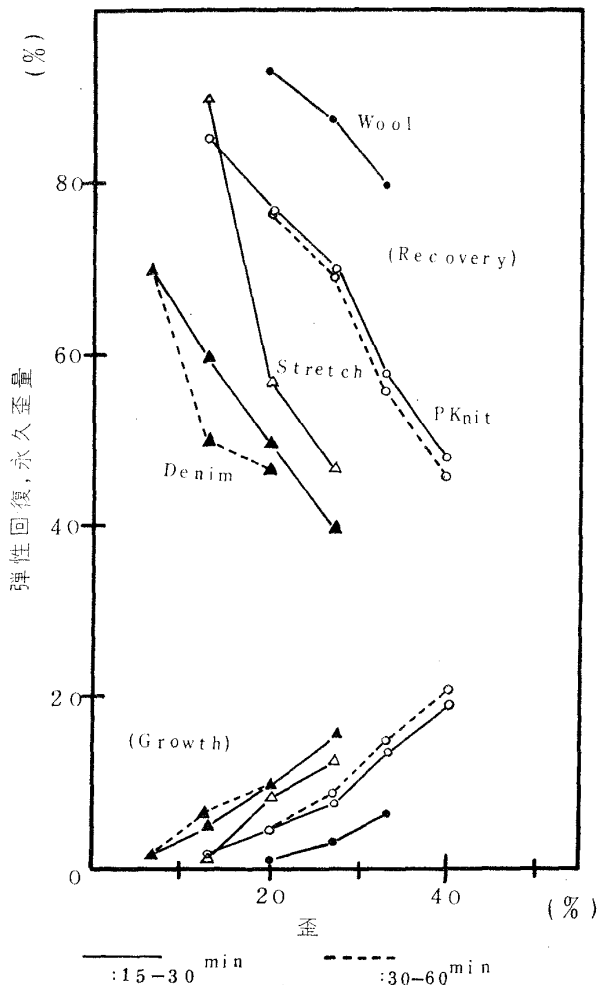
第2表は(8)、(9)式によって求めた弾性回復率及び永久歪を、プロットしたものである。また、繰返し試験による永久歪と、繰返し回数の関係を第3表に示した。

これは、15分間緊張した後、30分間無緊張放置し、再びそれを繰返し、5回の繰返しを行なったものである。また5回の繰返し後、12時間以上放置後の永久歪量を破線で示した。

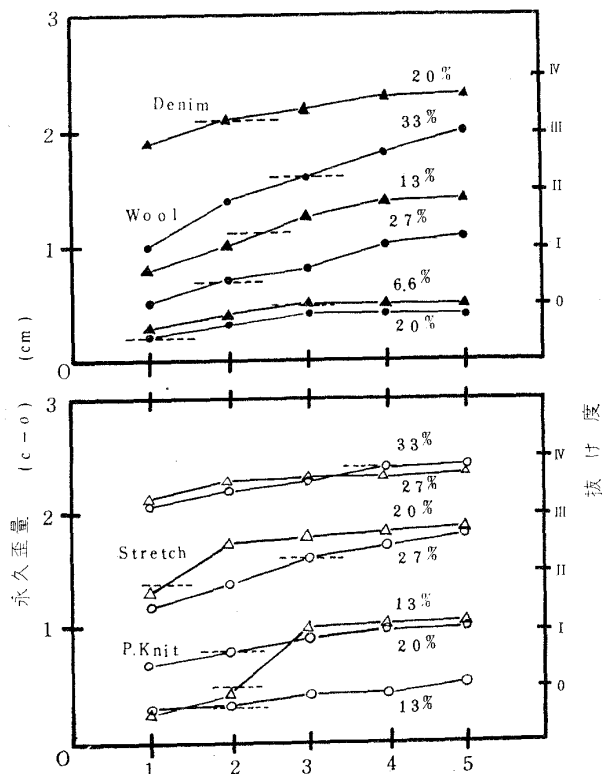
第4表は、15分間緊張—30分間放置の永久歪量と、30分間緊張—60分間放置の永久歪量を繰返し回数に対して示したものである。

表2、3、4からどの試料も歪量の増大に伴ない永久歪は増大し、その繰返し回数による増加割合は、ほぼ似かよった傾向を示している。従って、永久歪の増加は第2表による弾性回復率をもって概ね推定できる。ただし、毛織物に於ては、歪が大きくなると回数が増すに従って、永久歪の増加割合が大きくなっている。これは加工糸の性質によるものであると思われる。ストレッチン物に於て9%のポリウレタン系繊維による影響が明らかに表われている。

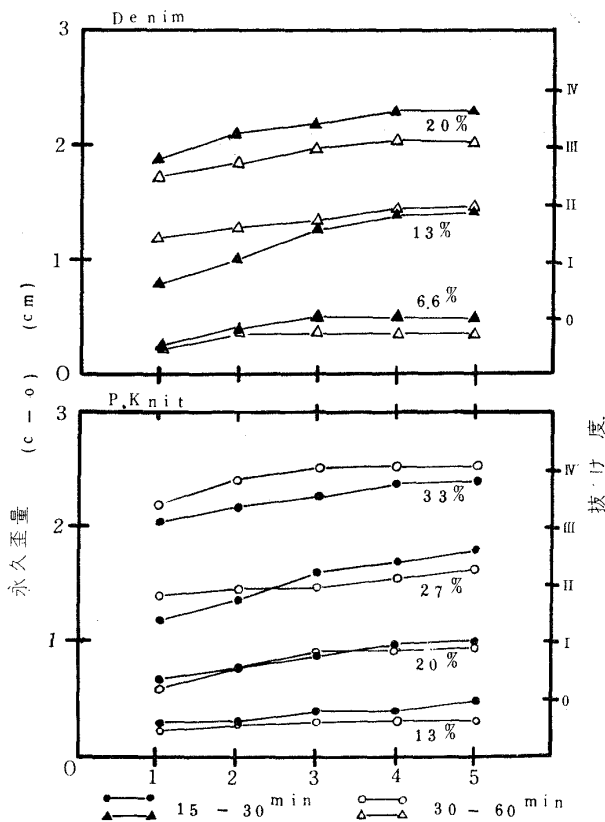
第2表 弾性回復、永久歪と歪の関係



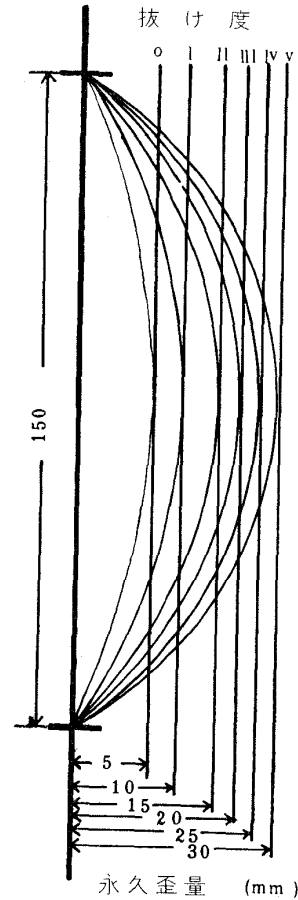
第3表 繰返し回数と永久歪量の関係 (試長15cm)



第4表 緊張、解放時間の違いによる永久歪量
(試長15cm)



第2図 永久歪量と抜け度の関係



4. 抜け度

衣服の形態の安定性に関する実験は多数発表されているが、これらの多くは伸長弾性率を測定する³⁾か、衣服の受ける歪量を測定した⁴⁾ものである。

ここで、伸長弾性回復実験による永久歪量と、衣服の形崩れの程度とを関連づけるための「抜け度」を定義したい。すなわち「抜け度」とは弾性回復実験による永久歪量が、どの程度外觀として現れるかを示す度合である。

第1図により

$$\overline{PQ} = r(1 - \cos\theta)$$

$$\widehat{AB} = r \cdot \theta = C$$

$$\text{永久歪量 } G = (C - O)$$

以上の関係から、 \overline{PQ} は永久歪量 G によって表わされる。すなわち、弾性回復実験による永久歪量が $0 \sim 0.5 \text{ cm}$ ならば $\overline{PQ} = 1.66 \text{ cm}$ 、これをもって抜け度 O とする。以下同様に、永久歪量が、 $0.5 \sim 1.0$ 、 $1.0 \sim 1.5$ 、 $1.5 \sim 2.0$ 、 $2.0 \sim 2.5$ 、 $2.5 \sim 3.0 \text{ (cm)}$ の時をもって夫々抜け度を、 I 、 II 、 III 、 IV 、 V 、とする。

第2図は、以上による抜け度と永久歪量との関係を示したものである。($2b = 15 \text{ cm}$)

また、第3表と第4表の縦右軸に 抜け度を示した。抜け度が O の範囲では形崩れとして認めないとする、メリヤスの場合、13%歪以内の変形では形崩れをおこさないと言えるが、デニムの場合ではそれは6.6%以内となり、形態の安定の立場からは、メリヤスの方が良好である。これは一般に言われているメリヤスの形態の安定性の悪さ⁷⁾と反するが、メリヤス衣類の着用による変形量がデニム等の着用による変形量に比して非常に大きいからであると考えられる。

5. 総 括

以上衣服の形態の安定性の立場から、屈曲部の歪量および、歪規定の弾性回復実験による永久歪量との関係を究明した。

屈曲部の歪量は、変形を曲面と仮定した。実際の着用の際に衣服に生ずる歪は、メリヤス類の場合、修正式(3')式を用いて表わすことができる。しかし、実際の着用によって現われる変形は(3')式によって定めた歪による永久歪より大きくなって現れる。これは、変形が1軸だけでなく、2~3軸にもなるしまた、円筒状となっているから、引張方向だけでなく、圧縮方向の影響も受けるからであると考えられる。

弾性回復実験では

- (1)与えた歪の多寡によって、永久歪量は著しく相異なる。
- (2)永久歪量は、荷重変形時間よりも、回復時間に、より多く影響される。

従って、形態の安定性の立場からの弾性回復実験は、歪量および回復時間の導入が必要である。ただし回復時間の導入は、クリープ挙動で問題とされる如く、それをどこにおいた時に永久歪とするかの決定は容易でない。また屈曲による衣服の変形挙動は、レオロジー的に応力緩和現象として、またクリープ現象⁵⁾として現われるが、屈曲中は応力緩和現象として、解放中はクリープ類似現象として現われるものと考えられる。これに関しては順次報告する予定である。

本研究では永久歪量と形崩れの外観を関連づけるための「抜け度」を定義した。この「抜け度」によって、ある程度被服材料の形態の安定性の良否を表示できると考える。

終りに本論文を校閲して頂いた野口新太郎教授に深甚の謝意を表す。

文 献

- 1) Wm. Kirk, et al ; Text. Res. J., 36, 1 (1966)
- 2) 呉、篠原、他 ; 繊維学会誌., 14, 123 (昭33)
- 3) Hm. Fletcher, et al ; Text. Res. J., 35, 4 (1965)
- 4) 樋口 ; 家政学会誌., 15, 4 (1963)
- 5) 丹羽、池田、他 ; 家政学研究., 13, 1 (1966)
- 6) Le. Nielsen ; Mechanical properties of polymers p45
- 7) 繊維機械学会編被服学ハンドブック p34