

織物の力学的異方性に関する研究

第1報 織物のドレープについて

出 羽 秀 明

1. 緒 言

織物が力学的に典型的な異方性を示すことは、F. T. Peirce¹⁾、吳祐吉²⁾、Cooper³⁾らの曲げ剛さ、青木朗⁴⁾らの引張強伸度、吳祐吉⁵⁾らの防雛性の研究によって明らかである。しかしそれらの研究は個々に発表されたものであり、1、2の試論を除いては全く現象論的立場からその性質を究明したもので、理論的な解析はもちろん、それら相互の関連性も明らかにされていない。

本報では、織物の力学的異方性のうち曲げ剛さが現象として衣服（特に婦人スカート）やカーテンなど最も身近かに現われる Drape について考察を試みた、ここで Drape とは被服、カーテンなどを優雅な芸術的な「襷」を現わすように調整することであり⁶⁾、これは織物の曲げ剛さと自重の相互作用により作り出される立体的な曲面性である。

2. 試料および実験方法

試料は第1表に示す16種の市販織物を用いた。（他に紙試料も加えた。）

1) Drape 係数の測定

織物の Drape 試験法には主として M. I. T. Drape-o-meter⁷⁾ 法と F. R. L. Drape-o-meter⁸⁾ 法とがある。現在 J. I. S.⁹⁾ に採用されているのは後者であり、本研究も後者によったものである。

この F. R. L. Drape-o-meter 法に関しては多くの問題点があり、従来から内外の研究者によってその測定方法及び評価方法などに関して多くの検討がなされてきており、特にその試験機の改良については C. C. Chauncey⁸⁾、田中¹¹⁾、G. E. Cusick¹²⁾ らによって、また評価法については Hamberger¹⁰⁾ をはじめ田中¹³⁾、北田¹⁴⁾、小林他¹⁵⁾ らによって研究されている。しかし F. R. L. Drape-o-meter 法の重要ポイントである試験片及び試験台径（J. I. S. では、試料直径 25.4cm、試料台径 12.7cm に定められている）に関する報告はみあたらない。

Drape ダイアグラムから求められる Drape 係数をその評価法として用いているが、同一試料径の織物から 2～3 種の Drape ダイアグラムが得られ、従って Drape 係数が異なってくる場合があるし、また異なった織物から得られた Drape 係数が、そのダイアグラムが異な

第1表 試料布緒元

(曲げ剛さは、13方向の平均値を示す)

No.		密 度		重 量 (g/m^2)	厚 さ (mm)	曲げ剛さ ℓ (cm)
		経	緯			
1	ナイロン(タフタ) (平織)	44	38	60.8	0.099	4.72
2	ベンベルグ (綾織)	30	37	124.0	0.136	4.30
3	テトロン(ゴース) (平織)	40	39	35.8	0.078	6.22
4	ウール(ポーラ) (平織)	9	11	238.12	0.498	4.40
5	ウール(ペロアー) (平織)	—	—	299.04	0.915	4.34
6	ウール(フランス綾)(綾織)	21	24	245.08	0.349	3.32
7	ウール(ユール天) (平織)	26	21	354.92	0.759	—
8	綿・テトロン交織 (〃)	26	24	136.16	0.194	—
9	綿(60s'ブロード) (〃)	44	23	136.0	0.182	4.34
10	綿(80s'ブロード) (〃)	53	27	122.4	0.156	4.09
11	綿(ジャークスキン)(〃)	24	14	167.2	0.256	6.63
12	綿(粗布) (〃)	23	24	162.8	0.286	7.07
13	綿(金巾) (〃)	47	24	114.5	0.136	5.40
14	綿(タッサブロード)(〃)	41	18	162.0	0.252	5.73
15	Nitted fabric	—	—	122.80	0.323	3.46
16	不織巾	—	—	46.80	0.088	5.40

っているにもかかわらず等しくなることがある。また同一試料でも試験片の大きさによってその値が異なってくるなど。

これらの問題に関しては、田中らの3次元的 Drape 係数を用いることによって、ある程度解決できるが、Drape 係数の算出にあたっては、当然試験片及び試料台径は試験片の硬軟の程度によって適宜選択すべきであり、それが又 Drape 測定の本問題であると考えられる。以上の観点から、試験片の半径を 8, 10, 12, 14 cm の 4 段階、試料台の半径を 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12 cm の 8 段階に変えて、Drape ダイアグラムを描き、Hamberger の 2 次元的 Drape 係数を求めた。試験器は、¹⁶⁾ 吳他のパンタグラフを用いる方法によった。この方法によると、平行光線を用いる方法より誤差が少なく 1~2% 前後であった。

2) 曲げ剛さの測定

曲げ剛さの測定はその異方性を明らかにするため、緯糸に対して 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°, 105°, 120°, 135°, 150°, 165°, 180°, の 13 方向について 5 試片宛採取し、45° カンチレバー法により測定した。

測定の際は Drape および曲げ剛さも布の裏側を内側にした。算出は次式によった。

$$(\%) \quad \text{Drape 係数} ; F = (Ad - S_1) / (S_2 - S_1) \times 100$$

$$\left(\begin{array}{l} Ad ; \text{試験片の垂直投影面積} \\ S_1 ; \text{試料台面積} \\ S_2 ; \text{試験片面積} \end{array} \right)$$

(cm) 屈曲長 ; $C = l \cdot (\cos 0.5\theta / 8\tan\theta)^{\frac{1}{3}} = 0.487 \cdot l$

(g · cm) 曲げ剛さ ; $G = w \cdot c^3$

$\left(\begin{array}{l} l ; \text{over hanging length} \\ w ; \text{単位面積当りの重さ} \end{array} \right)$

3. 結果および考察

第2表は求めた Drape 係数である。但し表中のカッコ内の数字は Drape ダイアグラムの節数を示す。

第2表 ドレープ係数 (%)

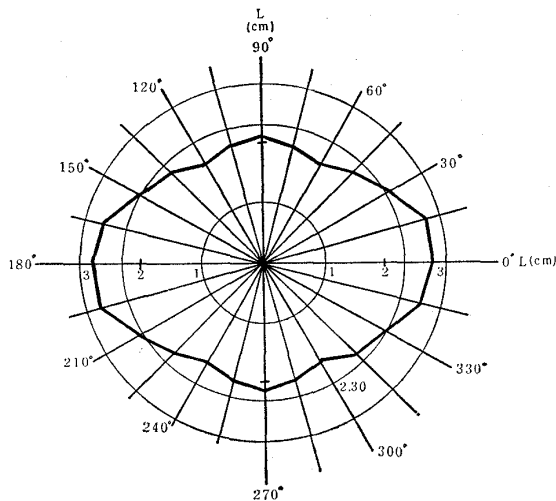
() 内の数字はダイアグラムの節数を示す。

試料 No.	台径		3 (cm)	4	5	6	7	8	10
	試料径								
1	14		30.59(3)	—	54.80(5)	62.42(6)	—	51.40(4)	61.14(5)
	12		38.49(3)	54.32(4)	58.40(4)	66.07(4)	70.24(4)	78.06(4)	98.27
	10		71.01(3)	74.96(3)	79.97(3)	88.05(4)	99.50	—	—
	8		80.11(3)	93.90(4)	—	—	—	—	—
2	14		23.29(3)	—	26.80(4)	—	38.99(4)	43.78(4)	76.25
	12		29.91(4)	—	39.57(4)	49.17(5)	—	78.76(7)	—
	10		39.64(3)	49.62(4)	57.04(4)	—	—	—	—
	8		68.52(3)	76.13(4)	94.46	—	—	—	—
3	14		43.73(2)	—	66.04(2)	—	79.10(2)	86.76(2)	—
	12		50.75(2)	—	75.50(2)	86.67(2)	—	98.56(2)	—
	10		70.44(2)	84.97(2)	91.00(2)	—	—	—	—
	8		89.12(2)	98.67(2)	—	—	—	—	—
4	14		25.41(3)	—	38.27(4)	—	60.14(6)	68.76(6)	79.44(7)
	12		43.40(4)	—	53.90(4)	65.45(4)	—	100(6)	—
	10		57.98(3)	72.38(4)	76.57(4)	—	99.50()	—	—
	8		78.01(3)	89.39(4)	—	—	—	—	—
5	14		22.75(4)	—	32.54(4)	—	42.11(4)	52.74(5)	85.81(5)
	12		36.51(4)	—	47.27(4)	55.31(4)	—	95.71(6)	—
	10		46.64(4)	52.96(4)	63.84(4)	—	96.25(4)	—	—
	8		71.07(3)	87.27(4)	—	—	—	—	—
6	14		18.32(4)	—	25.02(4)	—	42.11(6)	45.32(6)	70.95
	12		31.89(4)	—	41.07(4)	44.34(4)	—	91.09(6)	—
	10		35.57(4)	49.77(4)	60.10(4)	—	95.25	—	—
	8		62.96(4)	75.33(4)	87.95	—	—	—	—
7	14		(4)	—	(4)	(4)	—	(4)	—
	12		29.72(3)	—	45.56(4)	46.82(4)	—	86.17(4)	—
	10		46.22(3)	53.87(3)	66.21(4)	—	81.25	—	—
	8		59.96(4)	71.35(4)	—	—	—	—	—
8	14		27.38(4)	—	37.60(4)	—	39.17(4)	50.07(4)	76.39(4)
	12		38.30(4)	—	50.16(4)	56.42(4)	—	89.67(4)	—
	10		47.90(4)	53.11(4)	85.57(4)	—	88.25	—	—
	8		67.36(4)	69.49(4)	—	—	—	—	—
9	14		21.59(3)	—	40.43(4)	—(6)	53.81(6)	55.93(6)	48.41(6)
	12		—	—	—	—	—	—	—
	10		52.22(3)	82.54(3)	83.53(4)	88.44(4)	94.50	—	—
	8		83.10(3)	92.83(3)	—	—	—	—	—

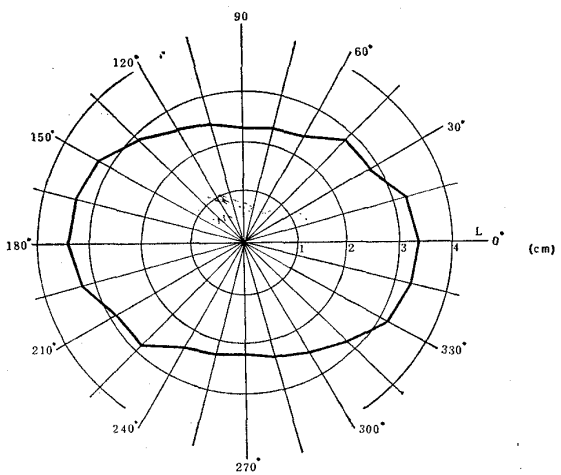
10	14	23.64(4)	—	42.29(4)	53.98(7)	—	57.38(7)	45.36()
	12	—	—	—	—	—	—	—
	10	54.20(3)	64.64(3)	76.23(3)	88.84(4)	96.75(4)	—	—
	8	84.03(3)	92.83(3)	—	—	—	—	—
11	14	55.72(4)	—	58.38(4)	61.07(4)	—	73.29(4)	80.50
	12	59.25(3)	—	77.43(3)	84.79(3)	88.07(3)	97.14(3)	95.38
	10	78.57(3)	89.07(3)	—	—	—	—	—
	8	100	—	—	—	—	—	—
12	14	48.23(3)	—	63.59(3)	—	73.22(3)	85.73	97.35
	12	49.16(2)	—	72.51(2)	86.79(2)	—	—	—
	10	60.50(2)	75.41(2)	92.87	—	—	—	—
	8	89.58(2)	—	—	—	—	—	—
13	14	4.432(3)	—	52.42(3)	—	73.31(4)	78.11(4)	99.34
	12	49.43(3)	—	68.23(4)	82.31(4)	—	—	—
	10	58.82(2)	74.81(2)	87.60(2)	—	—	—	—
	8	83.10(2)	—	—	—	—	—	—
14	14	39.78(4)	—	52.57(4)	65.68(4)	—	57.67(4)	45.23
	12	—	—	—	—	—	—	—
	10	62.89(2)	72.38(2)	88.29(2)	95.22(2)	—	—	—
	8	82.41(2)	93.89(2)	—	—	—	—	—
15	14	36.85(3)	44.97(3)	—	57.56(3)	—	64.13(5)	78.25
	12	40.00(3)	—	63.64(3)	73.70(3)	—	80.13()	—
	10	67.09(3)	81.18(3)	83.70(3)	95.22(4)	—	—	—
	8	93.52(3)	—	—	—	—	—	—
16	14	12.94(4)	—	19.95(6)	—	31.37	38.70	58.48
	12	15.57(4)	—	33.80(7)	38.09(6)	—	60.09(6)	—
	10	28.01(4)	38.39(4)	52.46(6)	—	77.50	—	—
	8	51.62(4)	65.78(4)	85.99(5)	—	—	—	—
Paper	14	67.17(2)	—	81.91(2)	87.58(2)	—	94.79(2)	97.88(2)
	12	93.30(2)	—	—	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—	—
	8 _{cm}	—	—	—	—	—	—	—

第1, 2, 3図は曲げ剛さの極線図で, 本実験で用いた織物においてみられた典型的なものである。ここで第1図は, ナイロンなどでみられた十字型, 第2図は, タッサー綿ブロードな

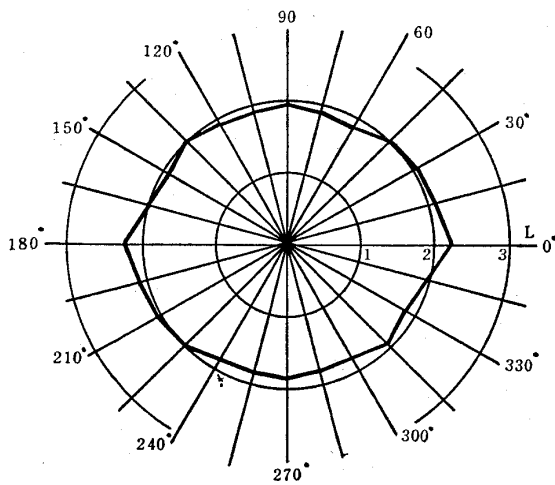
第1図 曲げ剛さ ℓ の極線図
(Nylon)



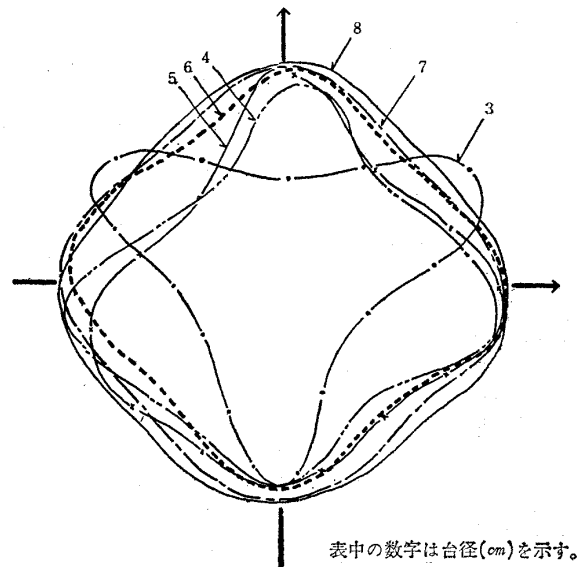
第2図 曲げ剛さの極線図
(タッサーブロード)



第3図 曲げ剛さの極線図
(80S'ブロード)



第4図 Drape ダイアグラム (Nylon)
(試験片径10cm)



どにみられた瓢箪型, 又第3図は80s'綿ブロードなどにみられた円型の極線図である。

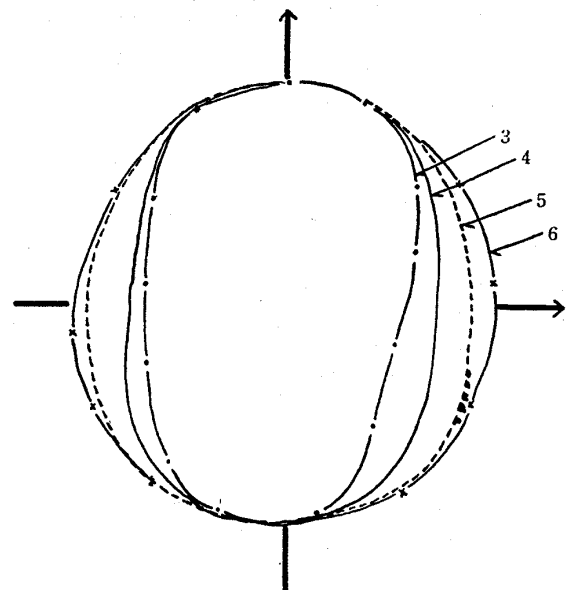
これら織物の曲げ剛さと Drape との関連については、¹⁷⁾ 梶田, ¹²⁾ Caisck, ¹⁸⁾ 吳他, の研究があるが、ここではさらに、試験片および試料台径を種々に異らせて得た Drape ダイアグラムと、曲げ剛さの極線図とを比較検討してみた。第4図は曲げ剛さが十字型を示したナイロンの Drape ダイアグラムである。Drape ダイアグラムは、垂下長即ち試験片および試料台径を適当に選択することにより、節数4の十字型を示すはずである。実際に節数4のダイアグラムを示しているのは試験片径14cmの場合台径8cmで、12cmの場合は台径4~8cm、10cmの場合は6cmの時である。又第5図は曲げ剛さが

第5図 Drape ダイアグラム
(タッサーブロード)
(試験片径10cm)

瓢箪型を示したタッサー綿ブロードの Drape ダイアグラムである。これらは、曲げ剛さの極線図から想定し得る節数2の楕円型の Drape ダイアグラムを示すものが多い。

一般に¹⁸⁾ 吳他らが指摘している如く曲げ剛さの極線図と Drape ダイアグラムの間には力学的近似則が認められといえるが、第1表中に示如く特に垂下長が大きい場合これから外れる節数3のダイアグラムが得られる。

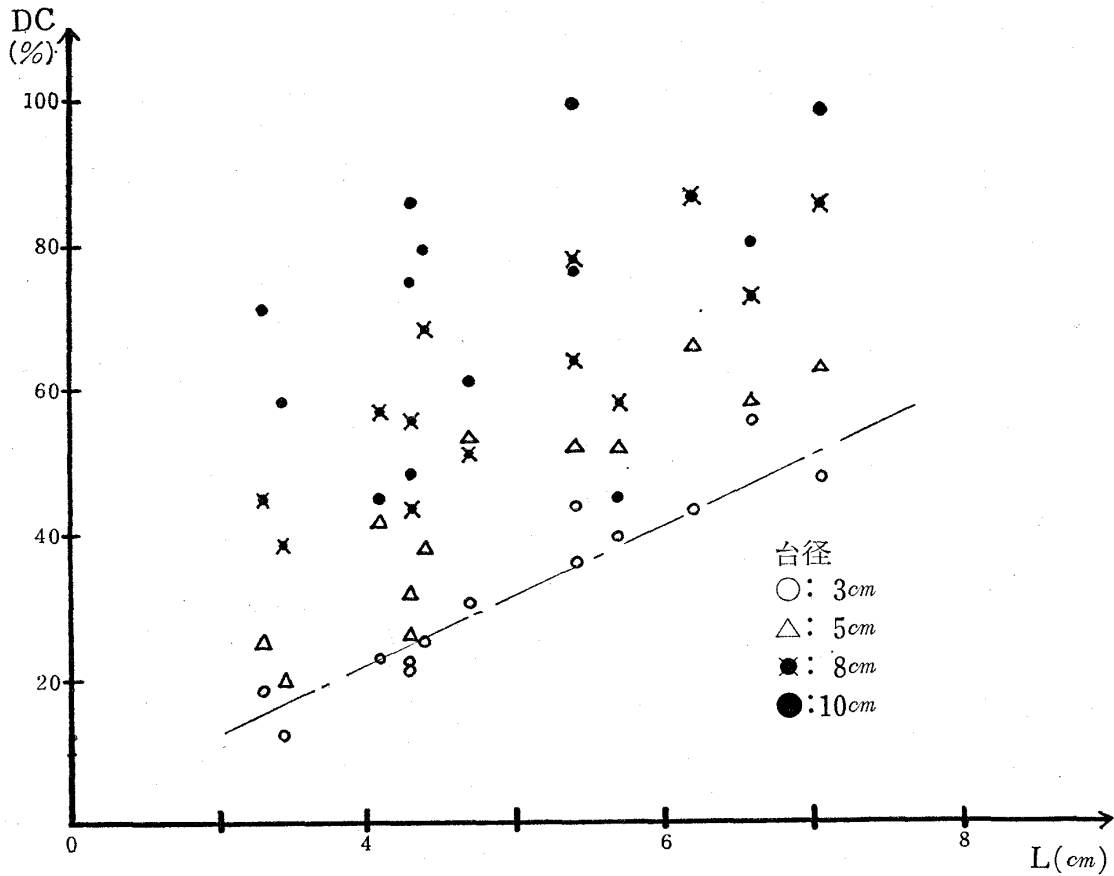
節数3の Drape ダイアグラムは、曲げ剛さと極線図からはありえないものであるが、これらは試験片の坐屈によるものと思われる。円輪が外圧を受けた場合の坐屈形は、外圧とその中



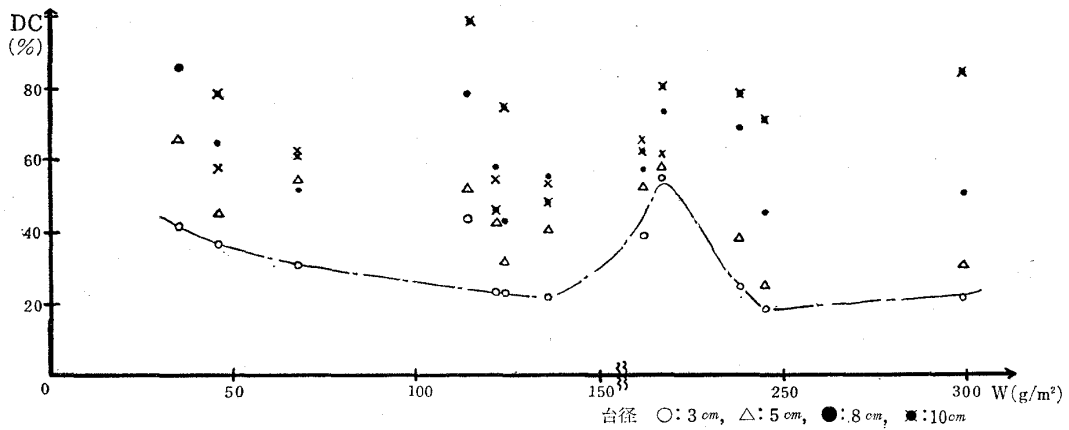
心線の半径によって定まることが知られており、織物の Drape においても同様の事が言えるが、これらに関し理論的な解析をすることは困難である。

次に第6図は Drape 係数と曲げ剛さ l との関係を示す。このグラフから、一般に曲げ剛さ l と Drape 係数との間には相関が認められると言える。特に試験片径14cmの場合台径3cmにおいてそれは顕著である。台径が5, 8cmと増すに従って、曲げ剛さとの相関は小さくなり曲げ剛さが大きくても、Drape 係数が小さくなる場合もある。これらのことは、試験片径

第6図 Drape 係数と曲げ剛さ l との関係 (試験片径14cm)



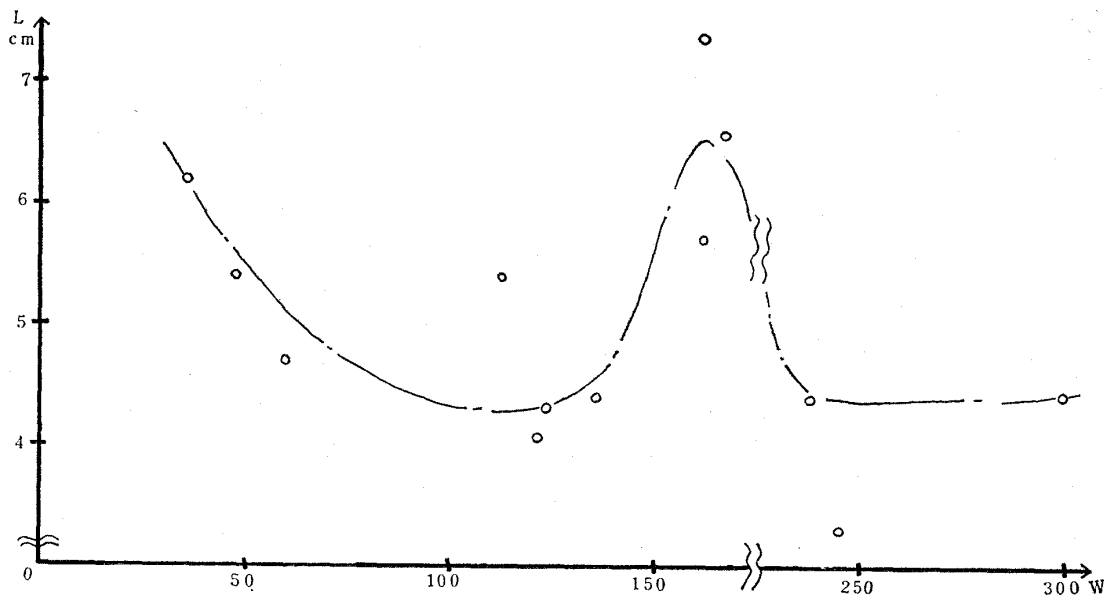
第7図 Drape 係数と重さの関係 (試験片径14cm)



10cmについても同様にいえることである。曲げ剛さとして、Cをとった場合も同傾向を示した。

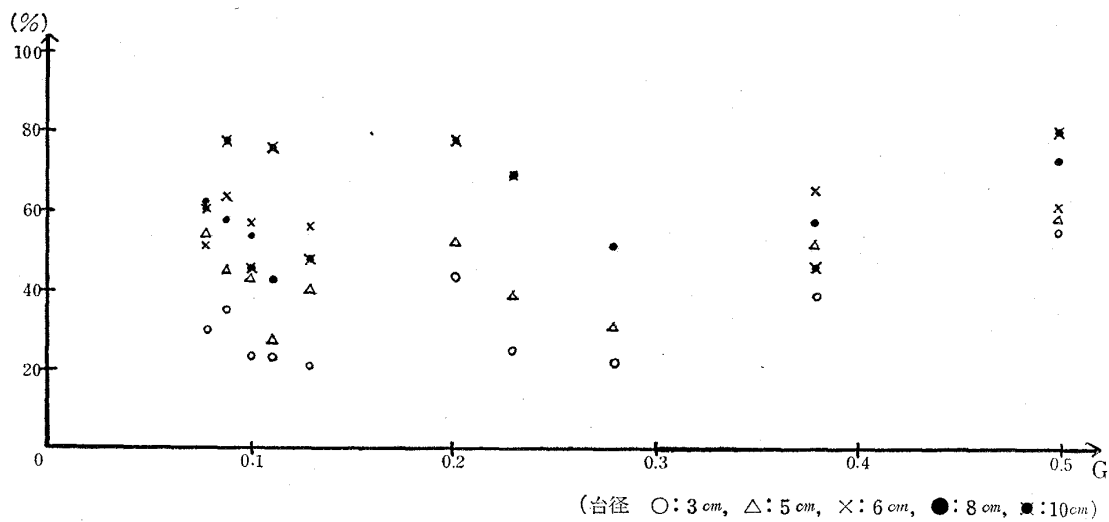
又第7図は Drape 係数と重量W (g/m²) との関係を見たもので、全体に重い布の方が Drape 係数は小さくなるといえるがしかしここでも当然曲げ剛さの影響はみられる。これは第8図に示した曲げ剛さ l と重量Wの関係からもうなずけることで、反対に Drape 係数が曲げ剛さばかりでなく重量Wにも強く影響されることを示している。

第8図 曲げ剛さ l と重さWの関係



ここで曲げ剛さとして l を用いてきたが一般に曲げ剛さとしては、前述の式から算出されるGが用いられている。(但しJIS²⁰⁾では、 l で表示している。曲げ剛さのGと l の値のどちらが我々の剛さの感覚と一致しているか明らかではないが、第9図に示す如く、Gと Drape 係数との間に一定の関連性を見出すことは出来なかった。

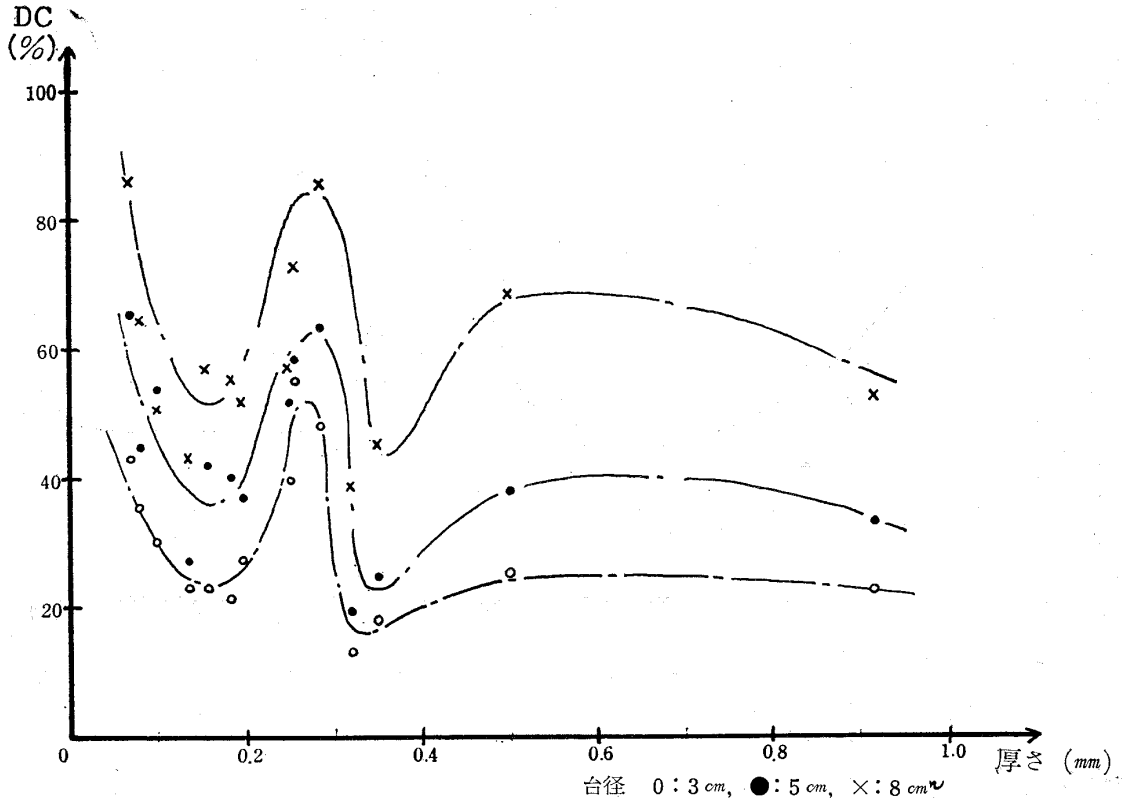
第9図 Drape 係数と曲げ剛さGとの関係 (試験片径14cm)



又第10図は Drape 係数と、試験片の厚さとの関係を示したもので台径にかかわらず、3, 5, 8 cmとも同傾向を示した。

これら第6, 7, 8, 10図から仮に最上の Drape が定められた場合に曲げ剛きの異なる各種の織物を用いて、夫々の厚さや重さを適当に選定することにより、理想的な Drape を現わすことが可能になると思われる。

第10図 Drape 係数と厚さの関係 (試験片径14cm)



4. 総 括

F. R. L. Drape-o-meter 法に関して、主として曲げ剛きの異方性の観点から、試験片および試料台径を種々に異ならせ Hamburger の2次元的 Drape 係数との関係について検討してみた。その結果

- (1) 曲げ剛きの極線図と Drape ダイアグラムとの相似性は垂下長すなわち試験片および試料台径を適当に選択することにより認められた。しかしそれをもって Drape 係数算出の際の試験片及び試料台径とすることは疑問である。
- (2) 曲げ剛きと Drape 係数との相関は、曲げ剛きとして l をとった場合に認められた。
- (3) また Drape 係数と l との相関は、試料台径 3 cm, 試験片径 14 cm の場合に顕著である。

この場合試料の坐屈から一概に試験片および試料台径をそれに定めることはできないが、坐屈が起らない程度に垂下長は大きい方が、また剛い織物では台径は小さいものを、柔らかい織物では台径は大きいものを用いるべきである。

現在用いられている F. R. L. Drape-o-meter 法に関しては、前述の如く多くの問題点が含蓄されているが、実際の問題として、スカートやカーテンなどの襞の形状、安定と F. R. L. Drape-o-meter が比較的良い相関を示すであろうことは確かである。しかし Drape はあくまで視覚的な美しさであるから官能量との関連から捉えなくてはならない。これに関しては別に考察を試みている。

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。

参 考 文 献

- 1) F. T. Peirce ; J. Text. Inst., 21, T377 (1930)
- 2) 呉祐吉, 篠原昭, 松橋房江, 織学誌 14, 170 (1958)
- 3) D. N. E. Cooper ; J. Text. Inst., 50, T472 (1959)
- 4) 青木朗 ; 織学誌, 5, 82 (1949)
- 5) 呉祐吉他 ; 綿研報告, No. 50 (1956) No. 58 (1957)
- 6) Oxford English Dictionary
- 7) L. J. Winn & E. R. Schwarz ; Am. Dyest. Rep., 29, 469 (1940), 30, 226 (1941)
- 8) C. C. Chauncey, L. C. Clinton. & A. T. Newton ; Text. Res. J., 20, 539 (1950)
- 9) JIS ; L-1079
- 10) W. J. Hamberger et al ; F. R. L. Report 966
- 11) 田中道一 ; 大阪市大紀要
- 12) G. E. Cusick ; J. Text. Inst., 56 T596 (1965)
- 13) 田中道一, 弓削治, 豊田錦 ; 第8回繊維製品消費科学会発表要旨
- 14) 北田総雄 ; 繊維製品消費科学会誌 Vol. 3, No. 3
- 15) 小林茂雄, 須田紀子 ; 第9回繊維製品消費科学会発表要旨
- 16) 呉祐吉, 篠原昭, 松橋房江 ; 織学誌 14, 855 (1958)
- 17) 榊田庸 ; 家政学研究, 2, 1号 (1955—6)
- 18) 呉祐吉, 篠原昭, 松橋房江 ; 織学誌 14, 860 (1958)
- 19) ティモシェンコ (片山, 北畠訳) ; 材料力学下巻 p. 148
- 20) JIS ; L-1005 (1956)