

綿・合繊織物の性能評価と製品化技術(第1報)

繊維工業指導所

編 織 部 栗原 勇次 星野 栄三
佐藤 郁男 塚原 文男
遠井 光子

1. 緒 言

本県の綿・合繊織物業は、衣料よりもむしろ産業資材用織物を得意とし、将来の展開としても有望な分野であると思われる。しかし、最近の生産動向は、ユーザーの要求度が極端に高くなっており、特に産業資材用については、関連装置機器の精度の向上と連動し、ますます厳しくなっている。従って、これまでの経験的に技能中心で行われてきた設計方法では対応できなくなっており、早急に、科学的、かつ効率的な織物設計システムに切換える必要がある。

本研究は、織物組織と物理特性の関連を明らかにし、織物性能の適正な評価技術と製織のための設計技術を確立し、利用技術の開発を図るため実施した。

2. 実験方法

産業資材用織物として共通して要求される重要な機能および性能を取りあげると、強伸度が代表的性能と見られている。そのなかで伸度は、強さと比較すると、重要性は少ない。

本研究では、引張り強さを主体にして、その性能の適正な評価と製織のための設計技術を確立するために試験した。

2.1 供試試料

試料は、産業資材用織物に広く使われている各種合繊織物と、表1に示す当所で試織した試料を使用した。製織した試織試料の原材料は、綿糸16'S/2, 20'S/2で、組織は平織と2/2の斜文織、織機の機種は、遠州阪本式ユニヒール付自動織機(4枚綜洗、ドビー開口方式、おさ巾56吋)を用い、織機回転数150rpmにて製織した。

2.2 強伸度測定

強伸度の測定は、JIS・L-1096、一般織物試験法の強伸度測定A法のなかの、カットストリップ法を採用した。測定試料の寸法は、合繊織物については、試料によっては著しく強度の大きいものもあるので巾2.5cm・つかみ間隔20cm、試織した綿織物は、巾5cm・つかみ間隔20cmで、引張り速度は両試料とも200mm/minで標準状態の温湿度(温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\pm 2\%$)の条件下で測定した。測定機種は、テンシロン万能試験機UTM-500である。

表1 試 織 試 料

項目 品番	綿 糸 番 手		組 織	密 度 (本/吋)		項目 品番	綿 糸 番 手		組 織	密 度 (本/吋)	
	たて糸	よこ糸		たて	よこ		たて糸	よこ糸		たて	よこ
1	16/2	16/2	平	58	20	16	16/2	16/2	2/2斜文	58	20
2	16/2	16/2	平	58	24	17	16/2	16/2	2/2斜文	58	24
3	16/2	16/2	平	58	30	18	16/2	16/2	2/2斜文	58	30
4	16/2	16/2	平	58	34	19	16/2	16/2	2/2斜文	58	35
5	16/2	16/2	平	58	36	20	16/2	16/2	2/2斜文	58	40
6	16/2	16/2	平	50	20	21	16/2	16/2	2/2斜文	50	20
7	16/2	16/2	平	50	24	22	16/2	16/2	2/2斜文	50	24
8	16/2	16/2	平	50	30	23	16/2	16/2	2/2斜文	50	30
9	16/2	16/2	平	50	35	24	16/2	16/2	2/2斜文	50	35
10	16/2	16/2	平	50	40	25	16/2	16/2	2/2斜文	50	40
11	16/2	20/2	平	50	20	26	16/2	20/2	2/2斜文	50	20
12	16/2	20/2	平	50	24	27	16/2	20/2	2/2斜文	50	24
13	16/2	20/2	平	50	30	28	16/2	20/2	2/2斜文	50	30
14	16/2	20/2	平	50	35	29	16/2	20/2	2/2斜文	50	35
15	16/2	20/2	平	50	40	30	16/2	20/2	2/2斜文	50	40

3. 試験結果及び考察

3.1 合計換算密度率と合計引張り強さ

表2にたて糸換算密度率・よこ糸換算密度率及びたて・よこ合計の換算密度率とたて方向の引張り強さ・よこ方向の引張り強さ、たて・よこの引張り強さの合計とたて・よこ換算密度強さとその合計を示す。

一般に織物の引張り強さは、主に糸質・織度・密度の三者の要因によって左右され则认为られており、原糸の織度と織物密度からもとめられる換算密度率と引張り強さとの関係を、次の方式により算出した。なお原糸換算密度率は、原糸織度 1,000 デニールを 1.00 (織度率)とし、織物密度 100 本/in を 1.00 (密度率)とした。

たて糸換算密度率=たて糸織度率×たて糸密度率

よこ糸換算密度率=よこ糸織度率×よこ糸密度率

合計換算密度率=たて糸換算密度率+よこ糸換算密度率

合計引張り強さ=たて方向の引張り強さ(平均値)+よこ方向引張り強さ(平均値)

換算密度強さ = $\frac{\text{引張り強さ(平均値)}}{\text{原糸換算密度率}}$

表2 たて・よこ換算密度率及び引張り強さ

原 織	糸 種	P. E. T. f										P. P. f				P. P. s			
		2/2斜文					平					2/2斜文				2/2斜文			
品	番	6-3	6-2	0-4	1-5	5-8	1-1	0-8	5-5	0-3	-9-4	2-6	2-4	7-1					
たて糸換算密度率		0.800	0.800	0.760	0.600	0.438	0.450	0.353	0.612	0.340	0.292	0.620	0.443	0.332					
よこ糸換算密度率		0.510	0.425	0.450	0.375	0.438	0.340	0.306	0.272	0.238	0.107	0.376	0.282	0.365					
合計換算密度率		1.310	1.225	1.210	0.975	0.876	0.790	0.661	0.884	0.576	0.399	0.996	0.732	0.697					
たて方向引張り強さ (kg)	平均値	410.0	390.0	404.0	338.6	255.0	246.8	228.6	305.0	191.3	164.5	227.5	163.8	136.5					
	最大値	410.0	415.0	410.0	350.0	260.0	255.0	235.0	310.0	195.0	170.0	230.0	170.0	145.0					
	最小値	390.0	360.0	400.0	330.0	245.0	245.0	220.0	295.0	185.0	160.0	225.0	155.0	120.0					
よこ方向引張り強さ (kg)	平均値	327.5	268.6	298.6	217.5	256.3	197.5	177.0	167.5	140.5	83.0	144.5	105.0	121.5					
	最大値	345.0	300.0	275.0	220.0	260.0	265.0	185.0	170.0	143.0	69.0	154.0	112.0	124.0					
	最小値	300.0	265.0	265.0	210.0	255.0	190.0	165.0	165.0	137.0	64.0	135.0	100.0	116.0					
合計引張り強さ (kg)	平均値	737.5	658.6	707.2	556.3	511.3	446.3	465.8	472.5	331.8	247.5	372.0	268.8	260.0					
	最大値	755.0	715.0	685.0	570.0	520.0	460.0	420.0	480.0	338.0	236.0	384.0	282.0	269.0					
	最小値	720.0	645.0	665.0	540.0	500.0	435.0	385.0	460.0	322.0	224.0	360.0	255.0	251.0					
たて換算密度率 (kg)	平均値	500.0	467.5	531.6	564.7	592.2	552.9	648.2	498.4	562.4	563.4	565.9	369.8	417.2					
よこ換算密度率 (kg)	平均値	661.8	601.3	597.3	590.0	585.2	590.9	574.7	615.8	590.3	775.7	384.3	359.6	332.9					
合計換算密度率 (kg)	平均値	1,161.8	1,068.8	1,128.9	1,144.7	1,167.4	1,133.8	1,222.9	1,114.2	1,152.7	1,339.1	751.2	729.4	750.1					

原 織	糸 種	平													2/2斜文			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
たて糸換算密度率		0.384	0.384	0.384	0.384	0.384	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332				
よこ糸換算密度率		0.133	0.159	0.199	0.226	0.239	0.133	0.159	0.199	0.233	0.266	0.106	0.128	0.160				
合計換算密度率		0.517	0.543	0.583	0.610	0.623	0.465	0.491	0.531	0.565	0.598	0.438	0.460	0.492				
たて方向引張り強さ (kg)	平均値	102.50	111.80	110.50	116.80	112.40	92.70	92.40	90.60	91.60	91.20	92.24	89.75	97.90				
	最大値	105.00	116.00	112.00	118.00	120.00	94.50	95.00	93.00	96.00	95.00	94.00	92.50	100.00				
	最小値	100.00	109.00	106.00	114.00	107.00	86.00	86.00	88.00	87.00	88.00	88.20	87.50	96.40				
よこ方向引張り強さ (kg)	平均値	34.90	42.50	49.40	61.80	63.80	33.60	41.60	49.30	61.60	69.25	29.08	35.46	42.94				
	最大値	35.50	45.00	51.00	65.00	67.00	35.00	43.00	55.00	64.00	72.00	30.00	37.50	45.00				
	最小値	34.50	39.00	46.00	55.00	60.00	32.00	39.00	45.00	60.00	66.00	28.00	34.00	41.00				
合計引張り強さ (kg)	平均値	137.40	154.30	159.90	178.60	176.20	126.30	134.00	139.90	153.20	160.45	121.32	125.23	140.84				
	最大値	140.50	161.00	163.00	183.00	187.00	129.50	138.00	148.00	160.00	167.00	124.80	130.00	145.00				
	最小値	134.50	148.00	155.00	169.00	167.00	121.00	128.00	133.00	147.00	154.00	116.20	121.50	137.00				
たて換算密度率 (kg)	平均値	266.90	291.10	287.80	304.20	292.70	278.20	278.30	272.90	275.90	274.70	277.80	270.33	284.88				
よこ換算密度率 (kg)	平均値	262.40	267.30	264.20	273.50	266.90	252.60	261.60	247.70	265.50	260.30	274.34	277.19	268.38				
合計換算密度率 (kg)	平均値	529.30	558.40	552.00	577.70	559.60	531.80	539.90	520.60	541.40	535.00	552.17	547.52	553.26				

原 織	糸 種	織													糸			
		平					2/2								文			
品	番	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26				
たて糸換算密度率		0.332	0.332	0.332	0.334	0.334	0.334	0.334	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332				
よこ糸換算密度率		0.186	0.213	0.193	0.159	0.199	0.233	0.266	0.193	0.199	0.199	0.233	0.266	0.106				
合計換算密度率		0.518	0.545	0.527	0.493	0.533	0.567	0.600	0.465	0.461	0.461	0.565	0.598	0.438				
たて方向引張り強さ (kg)	平均値	91.43	97.70	112.00	109.80	112.00	115.00	113.30	86.25	89.10	95.24	93.96	91.12	85.36				
	最大値	98.00	112.00	114.00	114.00	114.00	117.00	117.00	90.00	91.60	98.00	95.60	93.80	89.00				
	最小値	87.70	93.00	112.00	105.00	110.00	112.00	109.00	86.40	88.00	93.40	91.80	87.40	83.00				
よこ方向引張り強さ (kg)	平均値	54.56	60.30	33.80	39.20	49.80	64.30	71.80	33.28	38.66	52.30	61.25	71.36	27.90				
	最大値	60.00	60.00	37.00	40.00	51.00	67.00	79.00	33.70	41.00	55.40	63.00	73.60	30.00				
	最小値	49.00	52.90	32.00	38.00	46.50	63.00	68.00	32.50	36.80	49.10	58.00	68.70					
合計引張り強さ (kg)	平均値	145.99	158.00	145.80	149.00	161.80	179.30	185.10	122.53	127.76	147.54	155.21	162.46	113.26				
	最大値	158.00	185.00	146.00	154.00	165.00	185.00	196.00	123.70	132.60	153.40	166.80	167.40	119.00				
	最小値	136.70	144.90	144.00	143.00	158.50	175.00	177.00	120.90	124.80	142.50	146.80	155.60	107.70				
たて換算密度率 (kg)	平均値	275.20	294.20	291.70	283.90	291.70	299.50	295.10	268.80	268.40	268.90	263.00	274.50	257.11				
よこ換算密度率 (kg)	平均値	263.33	283.10	254.10	246.50	250.30	269.00	260.50	260.20	243.10	262.80	264.00	268.30	263.21				
合計換算密度率 (kg)	平均値	538.52	577.30	545.80	530.40	542.00	568.50	555.60	529.00	511.50	531.70	531.80	542.80	520.32				

原 織	糸 種	織													糸			
		平					2/2								文			
品	番	27	28	29	30													
たて糸換算密度率		0.332	0.332	0.332	0.332													
よこ糸換算密度率		0.128	0.160	0.186	0.213													
合計換算密度率		0.460	0.492	0.518	0.545													
たて方向引張り強さ (kg)	平均値	88.13	91.50	92.45	90.25													
	最大値	92.00	93.00	94.00	92.00													
	最小値	85.50	89.00	90.00	88.00													
よこ方向引張り強さ (kg)	平均値	34.94	37.58	40.73	55.96													
	最大値	37.00	42.00	52.50	57.70													
	最小値	31.90	33.20	47.00	53.40													
合計引張り強さ (kg)	平均値	123.07	129.08	141.18	146.21													
	最大値	129.00	135.00	146.50	149.70													
	最小値	117.40	122.20	137.00	142.40													
たて換算密度率 (kg)	平均値	265.45	275.60	276.46	271.84													
よこ換算密度率 (kg)	平均値	272.37	234.88	261.99	262.72													
合計換算密度率 (kg)	平均値	537.82	510.48	538.45	534.56													

図1～3に各ブロックの合計換算密度率と合計引張り強さを示す。一般に織物は、たて糸張力を増加させると、織密度は多くなる。従って、張力を増すための一つの方法として開口タイミングのうち、クロッシングといわれるタイミングが適用され、図4に示すように、よこ入れ後、次の開口が始ってからおさ打ちする。この調整は、ドビー・クラシクの移動調整により決定される。図4からもわかるように、よこ糸が交錯する糸によって包みこまれた状態でおさ打ちするので、密度の大きい場合、この方法が採用されるが、クロッシングの欠点は、たて糸が交差して張力が大きい状態でおさ打ちするため、たて糸の損耗が大きいことである。図1の平織グラフの品番5は、クロッシングによるたて糸の損耗による強力の低下が、このような結果となって表われたものと考えられる。

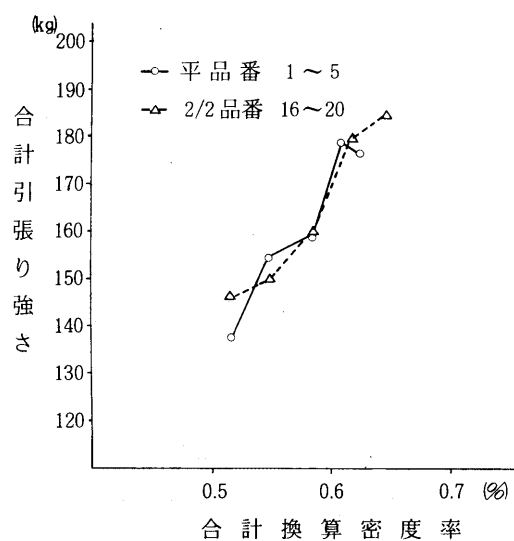


図 1

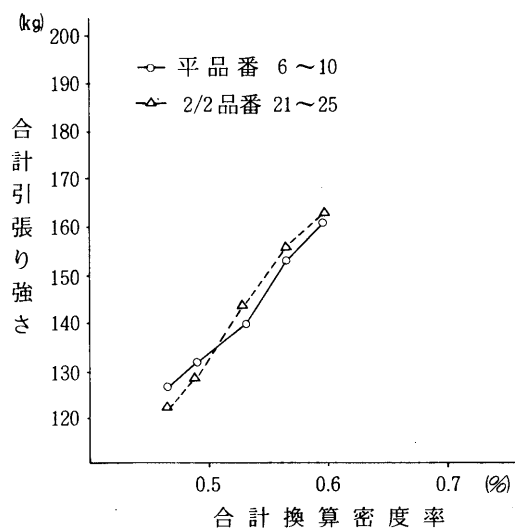


図 2

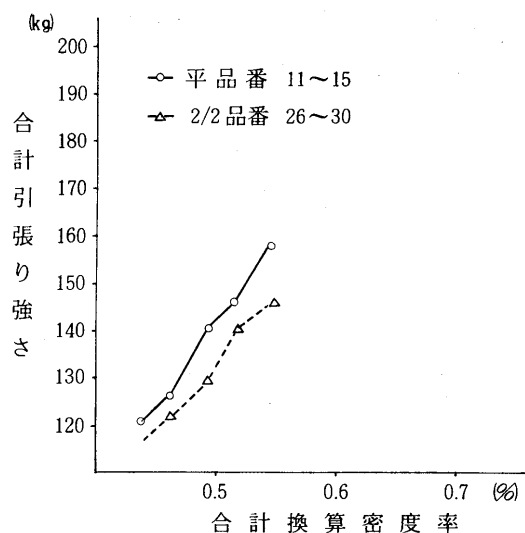


図 3

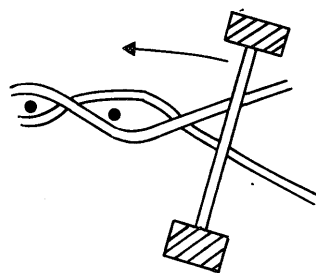


図 4

3.2 回帰分析と保証強力

表2のP, E, T, fの2/2斜文の測定値(表2)について回帰分析を行い,分散分析,回帰分析,回帰直線,保証強力を次の計算式により算出した。

(1) データの数値変換

$$X1(x1-x_0)h = (x-1.225) \times 1,000 \quad Y1(y1-y_0)g = (y-683.8) \times 10$$

(ただし, x:合計換算密度率 y:合計引張り強さ h,gは有効数字のみを扱うための乗数)

(2) X, Y, X², Y², XYの値をもとめる。

x	y	X	Y	X ²	Y ²	XY	$\bar{x} = X_0 + \frac{\sum X}{n} \cdot \frac{1}{h}$
0.975	556.3	-250	-1275	62500	1625625	318750	$\bar{x} = 1.18$
1.210	672.8	-15	-110	225	12100	1650	$\bar{y} = Y_0 + \frac{\sum Y}{n} \cdot \frac{1}{g}$
1.225	683.8	0	0	0	0	0	$\bar{y} = 662.6$
1.310	737.5	85	537	7225	288369	45645	
		-180	-848	69950	1926094	366045	

(3) 平方和 S(xx), S(yy), S(xy)をもとめる。

$$S(xx) = \left\{ \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n} \right\} \frac{1}{h^2} = \left\{ 69950 - \frac{(-180)^2}{4} \right\} \times \frac{1}{1000^2} = 0.06185$$

$$S(yy) = \left\{ \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)^2}{n} \right\} \frac{1}{g^2} = \left\{ 192609 - \frac{(-848)^2}{4} \right\} \times \frac{1}{10^2} = 17463.18$$

$$S(xy) = \left\{ \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n} \right\} \frac{1}{h \cdot g} = \left\{ 366045 - \frac{(-180) \times (-848)}{4} \right\} \times \frac{1}{1000 \times 10} = 32.7885$$

(4) 平方和をもとめる

$$\text{回帰による平方和(変動)} \quad SR = \{S(xy)\}^2 / S(xx) = (32.7885)^2 / 0.06185 = 17382.145$$

$$\text{回帰からの平方和(変動)} \quad Syx = S(yy) - SR = 17463.18 - 17382.145 = 81.035$$

(5) 分散分析表をつくる

要因	S	∅	V	Fo	F(1, 2; 0.05)	F(1, 2; 0.01)
回帰による変動	SR=17382.145	1	17382.145	428.998**	18.51	98.50
回帰からの変動	Syx=81.035	2	40.518			
	17463.18	3				

(6) FoとF表を比較する

$$Fo = 428.998 > F(1, 2; 0.01) = 98.50$$

$$Fo = 428.998 > F(1, 2; 0.05) = 18.51 \quad 5\%, 1\% \text{いずれも有意である。}$$

(7) 回帰直線をもとめる

(a) 回帰係数 b をもとめる

$$b = S(xy) / S(xx) = 32.7885 / 0.06185 = 530.129 \text{ 巾} \quad \text{回帰直線をもとめる}$$

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x}) = 662.6 + 530.12g(x - 1.18) = 530.12gx + 37.048$$

(8) 推定の標準誤差をもとめる

(a) 残差平方和 S_{yx} をもとめる

$$S_y \cdot x = S(yy) - bS(xy) = 17463.18 - 17382.145 = 81.035$$

(b) 不偏分散 $V_y \cdot x$ をもとめる

$$V_y \cdot x = S_y \cdot x / (n - 2) = 81.036 / 2 = 40.518$$

(c) 不偏分散の平方根をもとめる

$$\text{ゾ V デマ} = v \text{ 「了可丁} = 6.364$$

(9) 保証強力をもとめる

表2のP, E, T, fのデータ0-4を例にとると, 合計引張り強さの平均値は, 672.8kg, 最小値は665kgである。余裕をみて, 平均値の2.5%減とした場合, 引張り強さは656kgである。

$$X = 1.21 \text{ のとき, } Y = 641.46 + 37.05 = 678.51 \text{ となる。}$$

$$\frac{678.51 - 656}{678.51} \times 100 = 3.32\%$$

3.32%が回帰直線(Y)からの低下%となる。従って保証強力(Y')は図5に示すように

$$Y' = (1 - 0.0332) (Y) \text{ となる。}$$

3.3 保証強力と織物設計

保証強力(Y') 650kg から織物密度をもとめる。

$$650 = (1 - 0.0332) (530.13X + 37.05)$$

$$X = 1.20$$

(1) 利用例1

① 使用原糸織度 たて系 1250 D

よこ系 1250 D

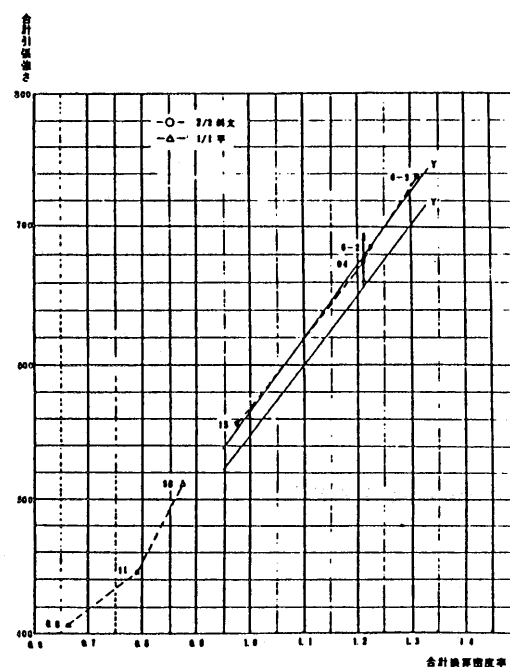


図 5

- ② たて糸織物密度 68 本/in のとき,
たて糸換算密度率 $\frac{\text{---}}{100} \times \frac{\text{---}}{1000} \times 0.85$
よこ糸換算密度率 $= 1.20 - 0.85 = 0.35$
よこ糸密度は $(0.35/1.25) \times 100 = 28$ 本/in よこ糸密度は 28 本/in にすればよい。
- (2) 利用例 2
- ① 使用原糸織度 たて糸 1000 D
よこ糸 1000 D
- ② たて糸織物密度 76 本/in のとき
たて糸換算密度率 $= 0.76$
よこ糸換算密度率 $= 1.20 - 0.76 = 0.44$ よこ糸密度は 44 本/in になる。

4. 結 言

本年度は産業資材用織物,特に機能性材料としての織物の強力を中心に検討してきたが,次のような成果が得られた。

- (1) 産業用資材としての各種織物技術は,衣料用織物製造技術と本質的に異なるところはない。しかし,次に示すような条件下では,特殊な装置(織機)あるいは技術を要求されることがある。
織物の寸法,重量,形態などが衣料用織物とくらべ大きく異なる場合,原材料が衣料には用いられない特殊なものでその物性も特徴的な場合で, しかもよこ密度が大きいものについては, これらを考慮して,最適なクロッシングのタンミングを見い出すとか,高密度織物に適合した革新織機の導入が望ましい。
- (2) 合計換算密度率と合計引張り強さ,保証強力と回帰直線を応用し,強力面からの織物設計法を,実験データを主にした考え方にたった商品設計技術として確立し,特別な専門知識がなくても,織物規格条件と布の引張り特性の関係を検討することができるようになり,生産技術の高度化の一助になりえたと思われる。

参考文献

- 1) 日本繊維機械学会編:産業用繊維資材ハンドブック
- 2) 中井ら:工場統計と品質管理(昭和 42 年)