

Bending Vibrational Properties of Silk Fabrics

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-02 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/2297/9549

絹織物の曲げ振動特性の検討

(2000年2月17日受理)

金沢大学 杉村 桃子
" 松平 光男

Bending Vibrational Properties of Silk Fabrics

Momoko SUGIMURA* and Mitsuo MATSUDAIRA**

*Graduate School of Natural Science, Kanazawa University

**Faculty of Education, Kanazawa University

Abstract

Bending vibrational properties of silk fabrics were measured in details and analyzed by using the new mechanical parameters of bending vibration. It was shown that bending vibration of Georgette continued the longest and that those of Chirimen and Shantung shorter within the six silk fabric groups. Silk fabrics are classified into two groups, that is, one is Habutae, Dechine and Georgette group, which has longer damping of bending vibration of fabrics, and the other is Fujiginu, Chirimen and Shantung group, which is shorter in bending vibration than that of the former. Those features of silk fabrics in bending vibrational properties became more distinct by discriminant analysis using the parameters of bending vibration as variable. These classifications could be explained by the mechanism of the inter-yarn and/or inter-fiber frictional effect during bending vibration of silk fabrics.

(Received February 17, 2000)

Key Words : *bending vibrational properties, crepe de chin, georgette, habutae, shantung silk fabrics.*

(Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, Vol. 41, pp.981-987, 2000)

要 旨

絹織物の曲げ変形に伴う振動現象を表す、4つの曲げ振動特性パラメータを測定し、従来、主に糸構造で分類されている各絹織物グループの特徴を判別分析法により検討した結果、以下のような結論が得られた。

- 1) たて、よこ糸共に強撚のフィラメント糸からなる、Georgetteは長時間振動し、Chirimen, Shantungは、振動時間が短い。
- 2) 曲げ振動特性パラメータを変数に用いた判別分析により、絹織物の曲げ振動特性の特徴は、長時間振動するグループHabutae, Dechine, Georgetteグループ、及び、あまり振動しないFujiginu, Chirimen, Shantungグループの2群に分類される。この分類は、糸構造による織物内部の繊維-繊維間の摩擦効果で説明可能である。

1. 緒言

衣服の外観上の美しさは、着用して静止している状態よりも、動きを伴う状態、すなわち、布の動的なドレープ挙動に依存することが多い。絹は、繊維の女王と呼ばれているように、昔から、最高級の繊維、織物とされ、色彩や光沢などの審美的な性能に優れている¹⁾。したがって、絹織物が、衣服に仕立てられると上品なやわらかな風合い、しなやかなドレープ性を示し、一般に、この優れたドレープ性から、動的ドレープ挙動が最も美しいと言われている。この動的ドレープ挙動は、衣服のシルエットの美しさや揺動の美しさに関連が深く²⁾、一般的に布の曲げ変形及びせん断変形を伴う動きが主体であると考えられる。

絹織物に関する研究については、篠原ら³⁾や松平⁴⁾、大村ら⁵⁾によるKES-Fシステム⁶⁾を用いた絹織物の風合い解析などの報告は多数見られる。一方、絹織物の動的ドレープ挙動の解析は、布のせん断変形を伴う動きについては詳細に検討されている⁷⁻¹⁰⁾。また、布の曲げ変形に基づく振動現象及び摩擦機構については、松平ら¹¹⁻¹⁴⁾により、基礎現象や理論的な解析を始め、詳細に検討され報告されているが、絹織物自体に関する曲げ振動特性の特徴の解析には至っていない。衣服の外観を評価するには、それを構成する織物の素材や糸構造などの違いによる動的ドレープ挙動を表す、それぞれの特性の特徴を把握することが必要である。

そこで、本研究では、最終的には衣服の外観美を客観評価するために、絹織物について、布の曲げ変形に伴う振動特性から、従来言われている絹織物の分類を糸構造と曲げ振動特性との関連を検討しながら、その特徴を分類する。

2. 実験

2.1 試料

試料には、動的ドレープ特性が外観上重要視される婦人用薄手布の中でも、その代表とされる、絹フィラメント織物を中心に68点を

選出した。これらの絹織物を糸の構造によって、以下のように分類した¹⁵⁾。たて糸、よこ糸共に無撚のフィラメント糸よりなる布：Habutae、たて糸、よこ糸共に強撚のフィラメント糸よりなる布：Georgette、たて糸は無撚でよこ糸が強撚のフィラメント糸よりなる布：Dechine、Dechineと同じ構造だが、解撚によって布表面にしぼが現れて、和装用着尺地として使われる布：Chirimen、及びたて糸、よこ糸共に弱撚の紡績糸よりなる布：Fujiginu、たて糸は無撚のフィラメント糸でよこ糸が無撚のフィラメント節糸よりなる布：Shantungの6種類に分類した。これらの全ての絹織物は、日本で市販され、主に、ブラウス、ワンピースや着物等の婦人用薄手布として多用されている、代表的な後練り織物である。用いた試料の詳細を表1に示す。

2.2 実験方法

布の曲げ振動特性は、KES-LABO-MODEL-F 2曲げ振動テスターを用いて、A/D変換モジュールを通して、試験機の出力信号をコンピューターに入力した。曲げ振動テスターのモデル図を図1に示す。取り込んだデータから、曲げ振動特性の特徴を表すパラメータ(第1段階の振幅減少量 Δd_1 、第2段階の振幅減少量 Δd_2 、第1段階の振動持続時間 S_1 、初期振幅値の1/5に至までの振動持続時間 S_2)を得た¹¹⁾。試料は幅1cm、長さ3cmとし、布を曲げて2枚の平行板にはさんで右側の板を固定し、左側の板が振り子と連動するように振動さ

Table 1 Outlines of Silk Fabrics

Silk Group	Number of Fabrics	Yarn	Density (/m)	Counts (tex)	Twist (turns/m)	Thickness (mm)	Mass (g/m ²)
Habutae	11	Warp Filament	4300-11400	3.4-18.2	<200	0.135-0.264	40-111
		Weft Filament	2700-5200	4.8-15.2	<200		
Dechine	14	Warp Filament	5200-13400	3.2-7.9	<200	0.179-0.363	52-85
		Weft Filament	3600-5000	3.4-11.8	1000-3500		
Georgette	10	Warp Filament	4400-6000	3.7-6.0	2000-4000	0.120-0.256	24-69
		Weft Filament	3300-5200	3.7-6.0	2000-4000		
Fujiginu	13	Warp Spun	3800-5300	7.1-15.6	600-1200	0.225-0.311	62-95
		Weft Spun	3100-4200	7.3-14.9	600-1200		
Chirimen	10	Warp Filament	3400-5400	5.1-9.5	<200	0.251-0.450	82-171
		Weft Filament	2200-4200	13.2-18.4	2000-3500		
Shantung	10	Warp Filament	3200-6400	2.7-18.4	<200	0.229-0.616	58-145
		Weft Filament	1300-4600	5.0-62.3	200-400		

せた。初期振幅は1 mmとした。測定値は、たて、よこ方向についてそれぞれ3回測定し、各方向の平均値を用い、絹織物の曲げ振動パラメータの値として、結果及び考察で取り扱った。

実験は、すべて温度 $20 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 3\%$ RH環境下で行った。

3. 結果及び考察

絹織物を糸の構造によって分類した、各グループの曲げ振動特性を表すパラメータの特徴を調べるために、まず、各グループ間の曲げ振動パラメータの値の差をt検定を用いて、有意差を検討した。その結果を、表2に示す。t検定により、危険率1%以下において、Habutae、

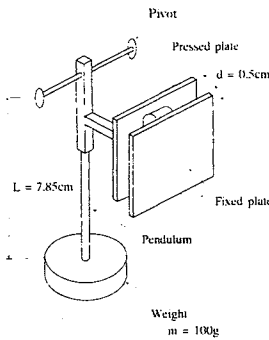


Fig. 1 Schematic model of the apparatus of bending vibration of fabric.

Table 2 Results of t-test for Bending Vibrational Parameters of Silk Fabrics

	Δd_1	Δd_2	S1	S2
Ha - De	0.515	0.726	0.093	0.233
Ha - Ge	0.000011 ***	0.007 **	0.013 *	0.087
Ha - Fu	0.148	0.975	0.531	0.308
Ha - Ch	0.003 **	0.069	0.0002 ***	0.021 *
Ha - Sh	0.002 **	0.0005 ***	0.0000048 ***	0.0002 ***
De - Ge	0.007 **	0.084	0.0002 ***	0.673
De - Fu	0.068	0.681	0.185	0.029 *
De - Ch	0.0009 ***	0.048 *	0.022 *	0.002 **
De - Sh	0.0004 ***	0.0001 ***	0.0001 ***	0.0000069 ***
Ge - Fu	0.0003 ***	0.002 **	0.0005 ***	0.005 **
Ge - Ch	0.0001 ***	0.003 **	0.000000019 ***	0.001 **
Ge - Sh	0.0006 ***	0.0001 ***	0.000000012 ***	0.00002 ***
Fu - Ch	0.03 *	0.048 *	0.0002 ***	0.064
Fu - Sh	0.002 **	0.0002 ***	0.0000017 ***	0.0002 ***
Ch - Sh	0.067	0.012 *	0.018 *	0.032 *

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Dechine, Georgette, Fujiginu はそれぞれ Shantungとの組み合わせで、すべての曲げ振動パラメータについて、有意差があることが分かった。

実際に得られた、絹織物の曲げ振動特性のパラメータ第1段階の振幅減少量 Δd_1 の結果を図2に示す。図には、各グループのそれぞれのパラメータについて、その測定値の平均値が示されている。その平均値は、曲げ振動パラメータの曲げ振動時における、各グループの特徴を表す、一つの示度になることを考慮して、ここでは、絹織物の6グループ間の曲げ振動特性を比較検討する。Georgetteの Δd_1 が最小で、Shantungの Δd_1 が最大である。これに対して、Chirimenの Δd_1 の平均値は、Habutae, Dechine, Fujiginuの Δd_1 の平均値と比較すると、やや大きくなる傾向を示した。Chirimen, Habutae, Dechine, Fujiginuの糸構造の大きな違いは、たて糸が無撚糸及び弱撚糸であることよりも、よこ糸条件の違いの方が大きいと考えられる。それは、Chirimenのよこ糸が解撚して、Dechineよりも布表面にしぼや凹凸が多く、糸-糸同士が解撚により膨らみを持ち、摩擦及び糸の抵抗が大きくなるので、その効果が Δd_1 に影響を及ぼしていると推察される。また、t検定からも、Chirimenの Δd_1 は、Habutae, Dechine, Fujiginuのそれぞれの Δd_1 と危険率5%以下において有意差が認められ、さらに、Habutae, Dechine, Fujiginuの各グループ間の Δd_1 については、有意差が認められなかった。既報により、このパラメータは振動時の糸-糸間摩擦による減衰であることがす

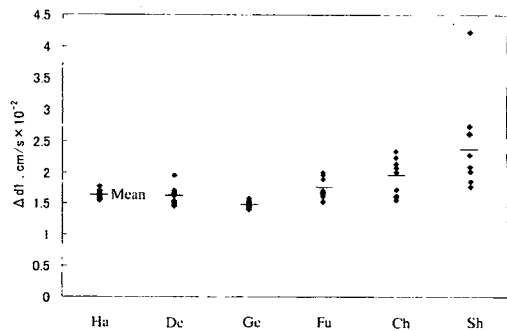


Fig. 2 Results of Δd_1 for six Silk fabric groups.

でに報告されている¹¹⁾ので、このことは、振動時の糸-糸間摩擦による減衰の差が少ないと考えられる。このことから、たて糸が無撚糸及び弱撚糸の場合には、よこ糸の撚り数が小さい織物の $\Delta d 1$ が小さくなり、長時間振動する傾向があると考えられる。

一般に、糸-糸間の摩擦は、織物のたて、よこ糸の交錯状態により決まるので、その状態を表すカバーファクターを全ての試料について調べ、 $\Delta d 1$ との相関を検討したところ、あまり相関が見られなかった($r=0.19$)が、方向別のカバーファクターとしては、よこ方向のカバーファクターとの相関が少し高くなることが認められた($r=0.36$)。また、よこ方向のカバーファクターの大きさがCh(13239)>Sh(13219)>Fu(11983)>De(11354)>Ha(10618)>Ge(8326)((threads/m) \sqrt{tex})となり、図2に示した $\Delta d 1$ の結果と非常によく似た傾向が見られた。これらのことから、糸-糸間の摩擦への影響は、よこ方向のカバーファクターの影響が大きいと考えられる。

次に、絹織物の曲げ振動特性のパラメータ第2段階の振幅減少量 $\Delta d 2$ の結果を図3に示す。 $\Delta d 2$ は $\Delta d 1$ と同様の傾向が見られ、Georgetteの $\Delta d 2$ が最小で、Shantungの $\Delta d 2$ が最大となった。Chirimenの $\Delta d 2$ についても、Habutae, Dechine, Fujiginuと比較すると、やや大きくなる傾向が見られた。

また、絹織物の第1段階の振動持続時間S1の結果を図4に示すが、S1については、図4に示されているように、HabutaeとFujiginuのS1の平均値は、ほとんど同じであることが分かる。さらに、表2のt検定結果からも、有意差があまり認められず、このことから、HabutaeとFujiginuのS1が類似していると言える。一方、Dechine, Chirimenを比較すると、ChirimenのS1が小さいことが分かる。この結果について、糸構造を考慮すると、たて糸が無撚糸及び弱撚糸である場合には、上記と同様の理由から、よこ糸条件により、振動時間が短くなる傾向があると思われる。これは、Habutae及びShantungの糸構造や糸条件からも確認されることができる。

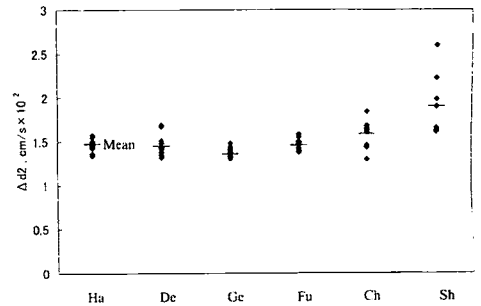


Fig. 3 Results of $\Delta d 2$ for six Silk fabric groups.



Fig. 4 Results of S1 for six Silk fabric groups.

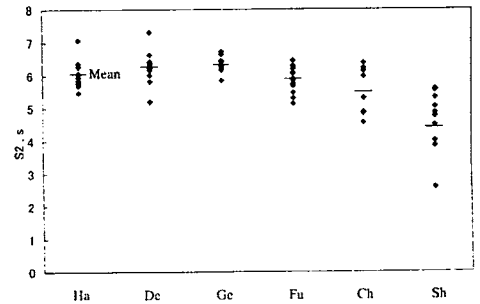


Fig. 5 Results of S2 for six Silk fabric groups.

さらに、初期振幅値の1/5に至までの振動持続時間S2の結果を図5に示すが、t検定を行った結果、Habutae, Dechine, Georgette間及びFujiginu, Chirimen間では有意差があまり認められなかった。これらと比較すると、ShantungはS2が小さくなることが分かった。このことより、S2は、曲げ振動の第1段階及び第2段階の総合的な振動持続時間、すなわち、繊維-繊維間及び糸-糸間摩擦による減衰時間の減少を表すパラメータであるが¹¹⁾、糸-糸間摩擦による減衰時間の減少を表すS1よりも、グループ間の差が小さいと考えられる。すなわち、絹織物の曲げ振動特性は糸-糸間摩擦によ

る影響の方が大きいようである。

これらの結果から、Georgetteは、 $\Delta d 1$ が最小で、 $S 1$ が最大となり、一方、Shantungは、 $\Delta d 1$ が最大で、 $S 1$ が最小であった。 $\Delta d 1$ が小さく、 $S 1$ が大きいほど振動が長時間持続することから、絹織物については、Georgetteは長時間振動し、Shantungは振動時間が短いことが分かった。したがって、絹織物の曲げ振動特性については、糸構造から、Georgetteはたて、よこ糸共に強撚糸であり、それに対して、Shantungは、Habutaeと同様にたて糸、よこ糸共に無撚糸であるが、よこ糸に無撚の節糸が用いられていることから、糸-糸間の接触面積や接触圧だけではなく、糸構造及び糸条件も、織物の減衰挙動の糸-糸間及び繊維-繊維間摩擦に影響を及ぼしていると考えられる。さらに、絹織物の風合いには、素材自体からくるよさと、絹織物が作り出す固有のよさがあり、後者においては、絹織物の独特な製織技術がかなり貢献している。Habutaeが持つその特有なやわらかさは、撚りのないたて糸に、湿し緯を織り込んで緻密に織り上げられるが、セリシン除去によってその独特な風合いが生まれる。一方、Shantungは、絹繊維が持つ天然のむらを生かして、玉糸の節が利用され、絹の自然な美しさを持つ織物に仕上げられている¹⁶⁾。このような絹織物の固有の風合いが、たて糸条件が同じであっても、よこ糸条件の違いによる、糸-糸間の摩擦効果に影響を及ぼしていると推察される。今回の実験で用いられた絹織物については、たて、よこ糸共に強撚糸である織物が最もよく振動するのに対して、たて糸が無撚糸及び弱撚糸の織物は、よこ糸の糸条件の影響も認められるが、撚り数が小さい方が振動する傾向が見られた。

4. 判別分析による検討

布の糸構造は、曲げ振動特性に影響を及ぼしていると考えられる。そこで、絹織物は、主に、糸構造によって分類されているので、曲げ振動パラメータによっても、同じように分類することができるかを検討するために、判別分析^{17,18)}を行った。判別分析法の基本原理を以下に示す。

2グループ間(A, B)の判別を考える場合、4変数による判別関数は以下のように定義される。

$$Z = h_1 X_1 + h_2 X_2 + h_3 X_3 + h_4 X_4$$

X_1 : 曲げ振動パラメータ, $S 1$ の値

X_2 : 曲げ振動パラメータ, $S 2$ の値

X_3 : 曲げ振動パラメータ, $\Delta d 1$ の値

X_4 : 曲げ振動パラメータ, $\Delta d 2$ の値

係数 h_i は、 Z_A と Z_B の平均値の差を最大にし、かつ、各グループ内の Z の分散を最小にするべく決定する。

$$Y \equiv \frac{(\bar{Z}_A - \bar{Z}_B)^2}{\sum_{i=A}^B \sum_{j=1}^n (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2} \text{ が最大になる}$$

但し、 n_i : 各グループの試料数

3グループ間の判別分析の場合、独立した判別関数; Z_1 と Z_2 の2つが存在し¹⁸⁾、 h_i 係数(Z_1 の係数)、 k_i (Z_2 の係数)が決定される。

そこで、絹織物の各グループ間の相違を検討するために、4つの曲げ振動パラメータ($\Delta d 1$, $\Delta d 2$, $S 1$, $S 2$)を変数として、判別分析を行った。但し、判別分析は、 t 検定の結果、危険率5%以下で差が見られなかったグループ同士の組み合わせにより行った。

図2の $\Delta d 1$ の結果より、絹織物の曲げ振動特性は、 $\Delta d 1$ の大小により2つのグループに分類されると思われる。そこで、4つの曲げ振動パラメータ($\Delta d 1$, $\Delta d 2$, $S 1$, $S 2$)を変数として、2群間の判別分析を行った結果、Habutae, Dechine, Georgetteの3グループ、及び、Fujiginu, Chirimen, Shantungの3グループの2群に分類されることが分かった(判別の中率79.4%)。すなわち、これらの2群間の相違は、曲げ振動パラメータの組み合わせにより、長時間振動するグループ、及び、あまり振動しないグループに分類されると言える。

さらに、これらの3グループHabutae, Dechine, Georgette間の違いを、4つの曲げ振動パラメータ($\Delta d 1$, $\Delta d 2$, $S 1$, $S 2$)を変数として、3群間の判別分析を行った。Habutae, Georgette, Dechine 3群間の2つの判別関数 Z_1 , Z_2 の正規密度関数の二次元分布曲線

を図6に示し、得られた判別関数の h_i 係数を表3に示す。ただし、曲げ振動パラメータは、絹織物の平均値と標準偏差で規格化した値を用いるため、それらも併せて示した。その結果、Habutae, Georgetteは、Dechineとは完全に分離し、t検定で4つのパラメータ間の有意差があまり認められなかったが、判別分析により、これらのグループは、4つのパラメータの組み合わせで分類できることが分かった。

同様に、残りの3グループFujiginu, Chirimen, Shantungについても、3群間の判別分析を行った。Chirimen, Fujiginu, Shantung 3群間の2つの判別関数 Z_1, Z_2 の正規密度関数の二次元分布曲線を図7に示し、得られた判別関数の係数 k_i を表4に示す。表3と同様に、今回の実験に用いた絹織物の平均値と標準偏差を併せて示した。これら3群間の判別分析の結果から、Chirimen, Fujiginu, Shantungは、お互いに完全に分離していることが分かった。このことは、4つの曲げ振動パラメータの組み合わせが、お互いに完全に異なっていることを表している。この3グループは、それぞれたて糸が無撚及び弱撚であり、よこ糸条件(撚り数, 節糸, 解撚の効果)が、4つの曲げ振動パラメータに影響を及ぼしていると考えられる。

以上の判別分析から、絹織物の曲げ振動特性の4パラメータの組み合わせにより、その特徴を分類できると言える。すなわち、絹織物の曲げ振動の繊維-繊維間及び糸-糸間の摩擦効果の影響は、たて、よこ両方向の撚り条件によって絹織物を分類できることが分かった。

5. 結論

絹織物の曲げ変形に基づく振動特性の実験から、4つの曲げ振動パラメータ($\Delta d 1, \Delta d 2, S 1, S 2$)を測定し、糸構造で分類した絹織物の特徴を抽出し、以下の結論を得た。

- ①たて、よこ糸共に強撚糸からなる、Georgetteは長時間振動し、Chirimen, Shantungは、振動時間が短い。
- ②たて糸が無撚糸のHabutae, Dechine, 及び、弱撚糸のFujiginuは、曲げ振動時の糸-糸間摩擦による減衰の差が小さい。

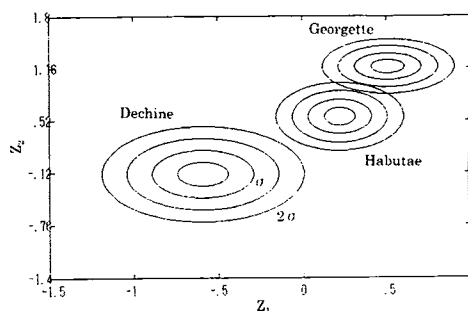


Fig. 6 Normal distribution curves of two discriminant functions for Habutae, Dechine and Georgette Silk fabrics.

Table 3 Coefficients of Discriminant Functions Between Habutae, Dechine and Georgette Silk Fabrics.

Coefficient	S1	S2	$\Delta d1$	$\Delta d2$
h_i	1.000	-1.273	-0.382	0.014
k_i	1.000	-1.051	-1.491	0.442
Mean	3.120	5.800	1.783	1.542
S.D.	0.588	0.782	0.427	0.217

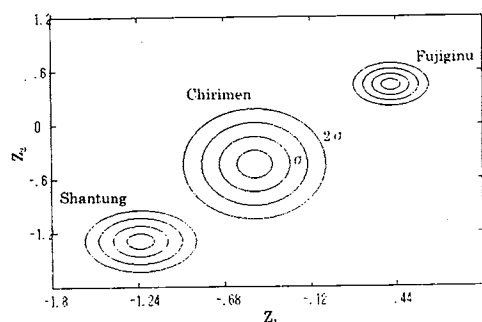


Fig. 7 Normal distribution curves of two discriminant functions for Fujiginu, Chirimen and Shantung Silk fabrics.

Table 4 Coefficients of Discriminant Functions Between Fujiginu, Chirimen and Shantung Silk Fabrics

Coefficient	S1	S2	$\Delta d1$	$\Delta d2$
h_i	1.000	-0.081	-0.030	-0.181
k_i	1.000	-0.065	0.487	-0.333
Mean	3.120	5.800	1.783	1.542
S.D.	0.588	0.782	0.427	0.217

- ③曲げ振動パラメータを変数に用いた判別分析により、絹織物の曲げ変形に基づく振動特性は、Habutae, Dechine, Georgetteの3グループ、及び、Fujiginu, Chirimen, Shantung

の3グループの2群に分類されることが分かった。

参考文献

- 1) 有本肇：織消誌，24(3)，82(1983)
- 2) 日本家政学会編：“被服の資源と被服材料”，朝倉書店，p. 69(1994)。
- 3) 篠原昭，近藤成敏：品質管理，11(10)，711(1960)
- 4) M. Matsudaira：J. Text. Inst.，83(1)，133(1992)
- 5) 大村寧，阿部栄子：日本衣服学会誌，38(2)，69(1995)
- 6) 川端季雄：織機誌(繊維工学)，26(10)，P721(1973)
- 7) 松平光男，川端季雄：織機誌(論文集)，39(11)，T175(1986)
- 8) 松平光男：家政誌，38(5)，393(1987)
- 9) 松平光男：織機誌(論文集)，44(6)，T133(1991)
- 10) 松平光男：織機誌(論文集)，44(11)，T234(1991)
- 11) 松平光男，張如全：織機誌(論文集)，49(12)，T324(1996)
- 12) 張如全，松平光男：織機誌(論文集)，50(11)，T301(1997)
- 13) 張如全，松平光男：織機誌(論文集)，51(3)，T47(1998)
- 14) 張如全，松平光男：織機誌(論文集)，51(5)，T87(1998)
- 15) 皆川基：“絹の科学”，関西衣生活研究会，p.334(1981)
- 16) 間和夫：“わかりやすい絹の科学”，文化出版局，p.60(1990)
- 17) P. J. Hoel：“Introduction to Mathematical Statics”，3rd ed.，John Wiley & Sons，New York，p.179(1962)
- 18) 奥野，久米，芳賀，吉沢：“多変量解析法(改訂版)”，日科技連，東京，p.263(1972)