

# 川俣シルクの体系的物性評価に関する研究

Research of systematic evaluating the physical properties of Kawamata silk.

材料技術部 繊維・高分子科 大竹翔太 中村和由 遠藤悠都

川俣シルク(薄試験サンプル)の接触冷感性試験について、JIS L 1927の不具合とその解決方法について提案を行った。また試験サンプル重量別の体系的な評価を行った結果、4 匁の試験サンプルが暑熱対策用(軽量、吸放湿、吸水速乾)に優れていることが分かった。一方、試験サンプル重量と力学的特性を検証した結果、設計条件では予測できないドレープの異方性を見つけ出すことができた。

Key words: 川俣シルク、吸水速乾性、接触冷感性

## 1. 緒言

川俣シルク(絹羽二重)は経糸を2本、緯糸を1本用いた組織で、匁と呼ばれる試験サンプルの重さにより独自の風合いや光沢感、透け感を表現した織物である。これまでの川俣シルクの評価は、風合いや光沢感等の感性的な評価に限定され、物性面との関係性が不足している課題があった。そこで衣料として必要な各種試験を行い、匁毎の体系的物性評価を進めた。また、JIS L 1927で規定され接触冷感試験と川俣シルクの適合性について検証を行った結果を報告する。

本研究の研究課題は以下の表1のとおりである。

表1 研究課題

	課題	内容	研究項目
①	接触冷感性試験が不安定	JIS L 1927試験を行うと高い値が検出されてしまう。	生地厚(0.08~0.16[mm])に適合する台座を提案する。
②	生地重量のみでは情報量が少ない	感性評価(風合い、光沢感等)が中心で物性面との関連性が不足している。	設計条件と物性値の検証を行い、生地特性を明らかにする。

## 2. 実験

### 2. 1. 試験サンプル

本研究で使用した試験サンプルの条件を表2に示す。

表2 試験サンプルの条件

匁数	方向	密度(本/cm)	織度(D)	カバーファクター
4匁	タテ	110.3	9.9	347.0
	ヨコ	44.2	15.3	172.9
10匁	タテ	107.2	14.9	414.5
	ヨコ	42.0	51.0	299.7
14匁	タテ	110.8	23.2	532.1
	ヨコ	40.1	61.6	324.3
18匁	タテ	113.5	19.4	647.8
	ヨコ	42.8	68.9	355.2

事業名「そだてる研究室事業」

### 2. 2. 使用機器

本研究で使用した評価機器は、表3のとおりである。

表3 使用機器

機器	型式	試験規格等
接触冷感性試験機	THERMOFEEL(PF-QMM-01):(株)profid	JIS L 1927
吸水速乾性試験機	Prodry: James Heal社	AATCC201
保温性試験機	東洋精機435531-14:(株)東洋精機製作所	JIS L1096 A法(恒温法)
通気度試験機	FX3340:TEXTTEST社	JIS L 1096
恒温恒湿槽(吸放湿性試験)	SSE-741R-A(株)カトーテック	JIS L 1954
画像処理ソフト	ImageJ(フリーソフト)	JIS L 1096G法(ドレープ係数法)
純曲げ試験機	KES-FB2-S(株)カトーテック	KES
レーザー距離計	Laser Distance Meter: AOMASO社製	試験サンプルの位置決め

### 2. 3. 接触冷感性試験機の改良

#### 2. 3. 1. 接触冷感(qmax)の計測方法

標準状態の環境下で図1に示す20[°C]に設定されたクーラーボックス(以下CBと呼ぶ)上にポリスチレンシート(厚さ約1[mm]、以下PSシートと呼ぶ)を置き、その上に試験サンプルを静置する。次に、室温+10[°C]に設定した熱源板を荷重約1.02[kPa]で試験サンプルに押し付け、その時の熱源板の温度を計測し、

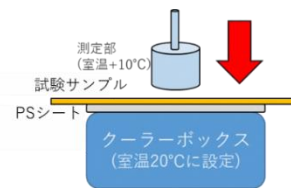


図1 JIS L1927 接触冷感試験の模式図

瞬間的な熱移動量の最大値(以下  $q_{max}$  と呼ぶ)を測定する。 $q_{max}$  の値が大きいほど瞬間的に多くの熱が流れ、試験サンプルに触れた際の冷たさを示す。

$q_{max}$  は以下の通りに算出される。

熱源板の低下温度  $T(t)$  [°C] は時刻  $t$  までの熱源板の放熱量  $Q(t)$  [cal] を用い

$$T(t) = \frac{Q(t)}{MC} \quad (1)$$

と表される。この時、 $M$  は熱源板の質量(kg)であり、JIS 規格 9.79g、 $C$  は熱源板の比熱(J/(kg・K))であり、熱源板に用いられている銅の比熱は 385 J/(kg・K)である。

$Q(t)$  については単位面積当たりの熱吸収速度、熱流束  $q(t)$  (W/cm<sup>2</sup>) を用いて

$$Q(t) = A \int_0^t q(t) dt \quad (2)$$

と表される。ここで  $A$  は熱源板の面積[cm<sup>2</sup>] で JIS 規格では 3×3 [cm<sup>2</sup>] である。

(1) (2) 式から

$$T(t) = \frac{A}{MC} \int_0^t q(t) dt$$

と変形し下式  $q(t)$  を求める

$$q(t) = \frac{MC}{A} \frac{dT(t)}{dt}$$

上式の  $M, A, C$  はいずれも定数であるため、 $q(t)$  は  $T(t)$  から求められる。

$T(t)$  は熱源板の低下する温度であることから、 $T(t)$  は (熱源板の初期温度) - (熱源板の接触  $t$  秒後の温度) であるため、試験サンプルに接触した  $t$  秒後の熱源板の温度を計測することで  $q(t)$  が求められ、その極大値を  $q_{max}$  とする<sup>1)</sup>。

### 2. 3. 2. 接触冷感試験機の検証

JIS L1927 の CB が  $q_{max}$  に与える影響を調べるため、図 2 に示す接触冷感試験機の CB 上に PS シートを 1 枚から 3 枚まで積層し、試験サンプルを置かないブランク状態の  $q_{max}$  を計測した。

一方 CB と同じ高さに調整した図 3 に示す断熱材(PS 製断熱材(熱伝導率 ≤ 0.034W/m・k))についても同様の試験を行った。

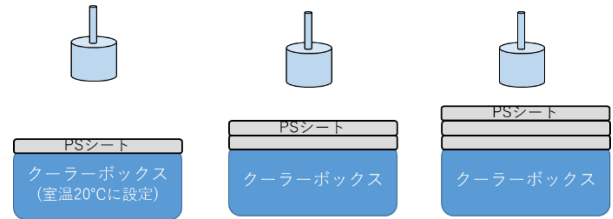


図 2 PS シート枚数を積層した測定

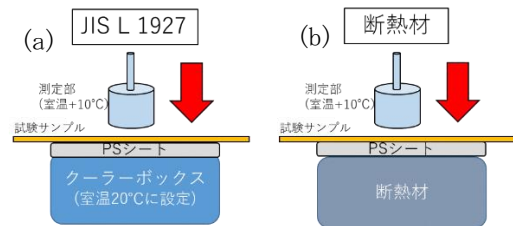


図 3 台座による熱依存性の計測

### 2. 3. 3. 新たな測定方法の考案

JIS L1927 の接触冷感性試験において、台座部分の熱的影響を排除するため、図 4 に示す CB 部分を空気層としたフープ状の枠に試験サンプルを取り付け、ブランク状態の  $q_{max}$  を計測した。

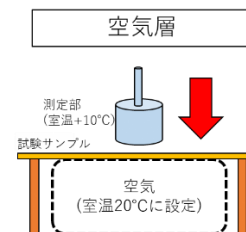


図 4 熱的影響が少ない空気層条件の提案  
(上：概略図、下：フープ枠)

## 2. 4. 羽二重試験サンプルの体系的評価

### 2. 4. 1. 物性データの体系的整理

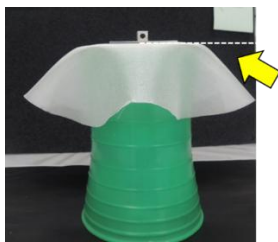
表 2 に示す試験サンプルについて、表 3 の各種試験を行った。接触冷感性試験は、図 3-(b) の台座 (PS 製断熱材+PS シート 1 枚) を使用し試験を行った。

## 2. 4. 2. 吸水速乾性試験と水拡散面積の関係

吸水速乾性の結果と水拡散面積の関係を検証するため、以下の実験を行った。水彩絵の具を蒸留水に適量溶かし、ガラス板上に色水 0.2 [ml] を滴下後に、色水の上から試験サンプルを静置し、色水が拡散された面積を垂直方向からカメラで撮影し計測した。

## 2. 4. 3. 側面ドレープ性試験の測定方法

JIS L 1927 G法のドレープ係数法では、方向特性が平均化され、タテヨコの試験サンプルの硬さ(シルエット)の比較が困難であることから、図5に示す側面からのタテヨコ方向の水平面に対する垂れ下りの度合い(ドレープ傾斜角度)の計測を行った。



側面の角度を計測

図5 側面ドレープ傾斜角の測定箇所

## 3. 結果と考察

### 3. 1 接触冷感試験の改良

#### 3. 1. 1. 接触冷感試験機の検証

図3、4に示す3種類の台座について、ブランク状態のPSシート積層枚数と $q_{max}$ の関係を図6に示す。CBを用いた場合ではPSシート枚数に関わらず、PS製断熱材の台座に比べ高い $q_{max}$ が検出された。

また、CBを用いたPSシート1枚と2枚、及び2枚と3枚間には有意差は検出されなかったが、1枚と3枚間には統計的有意差( $P \leq 0.05$ )が検出された。

これはPSシートの枚数による $q_{max}$ への熱的影響が

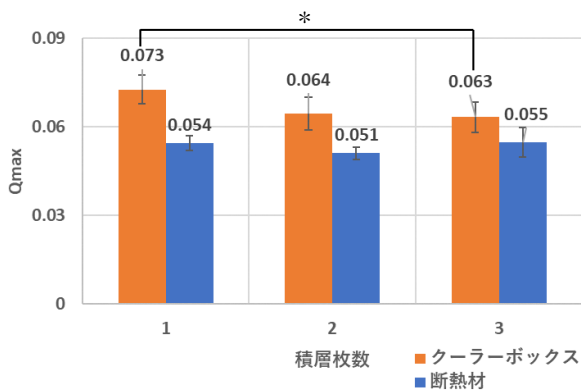


図6 PSシートの積層枚数と $q_{max}$ の関係

存在することを示し、JIS L1927のCBを用いたPSシート1枚の測定条件では、川俣シルクのような極薄試験サンプル(厚み0.08~0.16mm)の $q_{max}$ の計測は困難であることが示唆された。よって再現性を考慮すると、現状ではPS製断熱材を用いた台座の使用が適していると言える。

### 3. 1. 2. 新たな測定方法の考案

次に熱的影響を受けにくい新たな測定方法の考案するため、台座の種類と $q_{max}$ の関係を図7に示す。ブランク状態(右端)の $q_{max}$ を比較すると、空気層を用いた $q_{max}$ が最も熱的影響が少ない値を示す一方で、空気層での10~18枚の $q_{max}$ はばらつきが大きく、今後試験サンプルの安定した固定方法の考案が必要と考えられる。

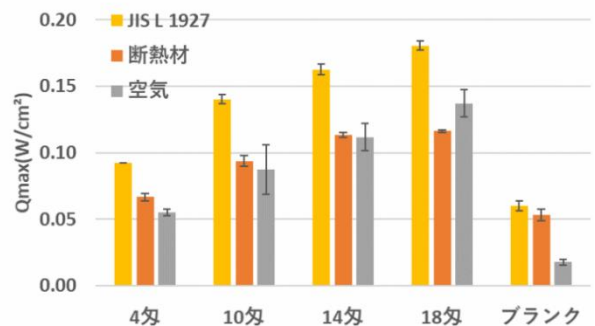


図7 台座の種類と $q_{max}$ の関係

### 3. 2. 物性データの体系的整理

#### 3. 2. 1. 物性試験結果と評価

各枚別の試験サンプルの物性試験結果(n=2)を表4に示す。

表4 物性試験結果

	4枚	10枚	14枚	18枚
目付[g/m <sup>2</sup> ]	15.2	38.1	53.2	67.6
空隙率[%]	85.5	73.9	72.1	69.3
厚み(0.5gf)[mm]	0.1	0.1	0.1	0.2
吸放湿性[%]	12.4	14.7	16.5	13.4
吸水速乾性(乾燥速度)[ml/h]	5.3	3.5	3.6	2.7
ドレープ係数	0.2	0.4	0.3	0.3
側面ドレープ傾斜角[°](タテ)	45.0	33.8	40.7	29.2
側面ドレープ傾斜角[°](ヨコ)	49.3	32.4	27.4	29.4

また、素材の異なる比較用試験サンプル(PET(ポリエステル)、綿)の物性試験結果を表5に示す。

表5 比較試験サンプルの試験結果

	PET	綿
目付[g/m <sup>2</sup> ]	59.8	111.4
厚み(0.5gf) [mm]	0.2	0.6
吸放湿性(%)	0.2	9.6
通気度[cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ・s]	187.0	55.7
通気抵抗[pa/cm <sup>2</sup> ]	0.8	10.2
吸水速乾性 (乾燥速度)[ml/h]	4.9	2.1

試験結果を単位に左右されず相対評価するため、接触冷感性、吸放湿性、通気度、通気抵抗、吸水速乾性についてZスコアを求めた結果を図8に示す。

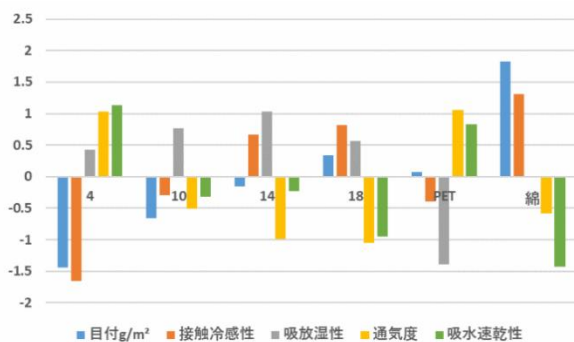


図8 Zスコアによる体系的物性評価

図8の結果から、PET(ポリエステル)は通気度、吸水速乾性が高い反面、蒸れやべたつき感の低減に必要な吸放湿性に劣る。一方、4 匁の試験サンプルは適度な吸放湿性と通気度、吸水速乾性、及び軽量性を兼ね備えることから、暑熱対策素材としての利活用が期待される。

### 3. 2. 2. 吸水速乾性試験と水拡散面積の関係

4 匁試験サンプルの高い吸水速乾性を側面から検証するため、現行の吸水速乾性試験(AATCC201)では数値化できない吸水時の水拡散面積と Drying rate の関

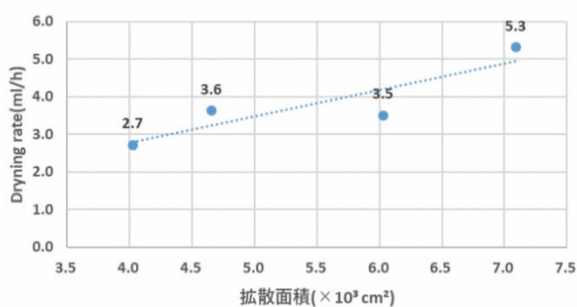


図9 拡散面積と吸水速乾性の相関

係を計測した結果を図9に示す。水量0.2 mLの色水を試験サンプル表面に滴下した際の、各匁ごとの拡散面積は、それぞれ70.9 [cm<sup>2</sup>]、60.2 [cm<sup>2</sup>]、46.5 [cm<sup>2</sup>]、40.2 [cm<sup>2</sup>]を示した。

図9より、拡散面積が増加すると乾燥する面積が増加する結果、Drying rateは高い値を示すと考えられる。一方、拡散面積は表4に示す試験サンプルの厚み(0.5gf)が増すことにより、試験サンプルの厚み方向へ水の保水量が増加することで、水の拡散面積が狭くなり Drying rate が低下傾向を示すことが分かった。

### 3. 2. 3. ドレープ性試験結果の分析

JIS L1096 G法(ドレープ係数法)の結果を図10に示す。ドレープ係数とは、値が小さいほど試験サンプルが柔らかく、値が大きいほど試験サンプルは垂れ下がりにくいことを示す。

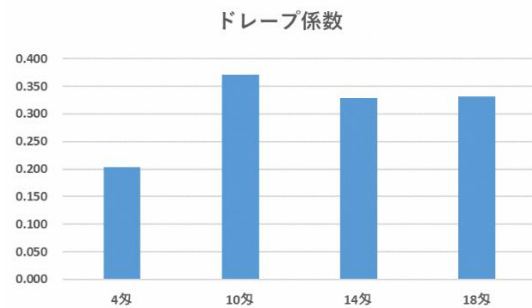


図10 JIS L1096 G法(ドレープ係数法)の結果

四種類の試験サンプルにおいて、ドレープ係数は10 匁で最大となり、14 匁・18 匁では10 匁よりも値が上がらない傾向を示した。これは10 匁が最も“硬い”ことを意味するのではなく、自重によるドレープ形成と、匁数増加に伴う曲げ剛性と構造拘束の増大による競合により、中間重量域でドレープ形状(投影面積)が最大化したためと考えられる。これを裏付けるため、側面ドレープの傾斜角度の結果を図11に、また試験サンプルの純曲げ試験結果(曲げ剛性 B-MEAN)を図12に示す。

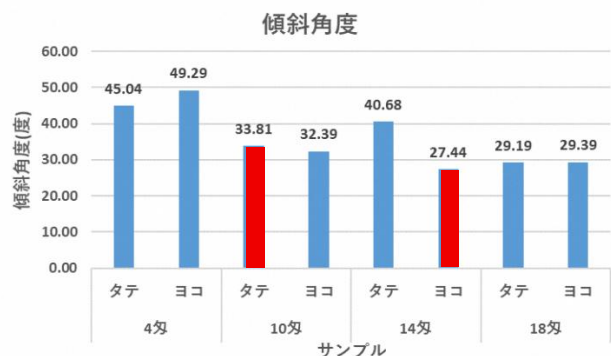


図11 匁数と側面ドレープ傾斜角度の関係

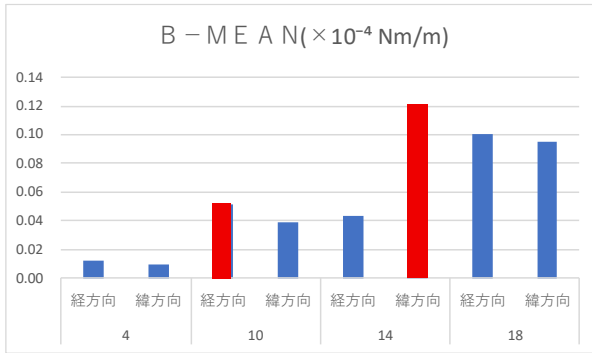


図 1 2 純曲げ試験結果(曲げ剛性 B-MEAN)

図 1 1 において、側面ドレープの傾斜角度が小さいものは試験サンプルが垂れ難く、傾斜角度が大きいものは試験サンプルが垂れ易いことを示している。匂ごとのタテヨコの傾斜角度のバランスを比較すると、4、18 匂はヨコ方向に試験サンプルがやや垂れ易い傾向を示す反面、10、14 匂はタテ方向に試験サンプルが垂れ易い傾向を示した。一方、図 1 2 の純曲げ試験の結果から、10 匂はタテ方向が曲げ硬く、14 匂はヨコ方向が顕著に曲げ硬いことを示すことから、匂ごとのタテヨコ方向の試験サンプルの硬さに異方性が存在することがあらためて分かった。

これら曲げ剛性の異方性は、服地としてシルエットを形成する上で重要な要素となることから、単に薄い、軽いといった官能評価にとらわれない、試験サンプルの特性を把握した縫製加工の選択が不可欠と言える。

次に本研究に用いた試験サンプルの設計条件(密度、織度、カバーファクター)を相対比較するため、Zスコアで標準化(平均を 0、分散を 1)した結果を図 1 3 (経糸)、図 1 4 (緯糸)に示す。

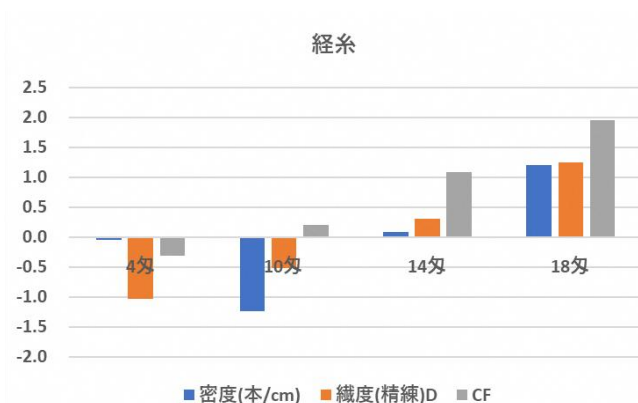


図 1 3 Zスコアによる経糸設計の比較

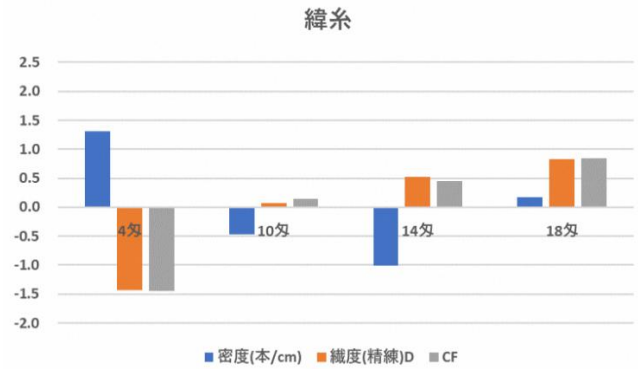


図 1 4 Zスコアによる緯糸設計の比較

織度およびカバーファクターは匂数の増加に伴い増加傾向を示した。一方で密度は単調に変化せず、経糸では10 匂、緯糸では14 匂で相対的に低い値を示した。これは、匂数(重量)を規定しつつ、織度と密度の組合せによってカバーファクターを調整する設計、あるいは整理加工・収縮挙動の差により、経緯方向の構造バランス(異方性)が変化するためと考えられる。その結果、匂数が一致しても、タテヨコのドレープ特性や風合いバランスが同一にならない可能性があるかと推察される。

#### 4. 結言

- 1) 川俣シルク (0.08~0.16 [mm]程度) 等の薄試験サンプルの JIS L 1927 試験法では、CB 側の吸熱の影響を十分に避けられないため、正確な qmax は測定できない。
- 2) 薄試験サンプルの qmax を計測する場合、台座部分を空気層とすることが吸熱の影響を避ける上で好ましいと考えられる。
- 3) Drying rate(吸水速乾性)は、水の拡散面積と正の相関関係があり、最も薄い 4 匂の試験サンプルは拡散面積が大きく、高い Drying rate(吸水速乾性)を示した。
- 4) 川俣シルクの 4 匂の試験サンプルは、PET(ポリエステル)の約 30 倍の吸放湿性を持ち、18 匂の約 2 倍の Drying rate(吸水速乾性)を有することから、暑熱対策衣料への利活用が期待される。
- 5) 匂数を正確に合わせる織物設計(織度と密度を組み合わせたカバーファクターの調整)は、縫製時のドレープ特性や風合いの異常を引き起こす可能性が示唆された。

#### 参考文献

- 1) 井上真理. “接触冷温感の客観的評価としての最大熱流束値 (qmax) の標準化”. 繊維学会誌 第 77 巻 第 9 号 (2021), p. 456-p. 459