

# ナイロン布のギ酸水溶液による収縮性を応用したテキスタイル制作

## — シルク布のリップル化 —

花田 朋美<sup>1</sup> 野澤 麻里<sup>2</sup> 岡 香織<sup>2</sup> 安藤 穰<sup>1</sup>

ナイロンオーガンジーとシルクオーガンジーを試料として、ギ酸水溶液による収縮性について検討した。ナイロン布の収縮は、ギ酸の体積分率40%~60%の比較的狭い領域で急激に起こり、最大で約60%の収縮率が得られた。しかし、収縮率40%以上では、強度の低下と硬化が顕著であった。更に、ギ酸の体積分率や処理温度が高くなるに従い、見かけ収縮速度が速くなり、平衡収縮率も増大することから、ナイロン布の収縮現象は、ギ酸水溶液の浸透に伴うナイロン繊維の分子間距離の増大により、引き延ばされていたナイロン分子が収縮することで生じていると示唆された。また、これらの領域でシルク布は殆ど収縮せず、繊維の劣化も観測されなかった。以上の結果を基に、ナイロン布とシルク布の収縮差を利用して、シルクオーガンジーにリップルを付与したテキスタイルを制作した。

キーワード：ナイロン繊維 収縮性 良・貧溶媒混合法 収縮差 リップル

### 1 緒論

特徴ある機能やデザイン効果を付与した付加価値の高い被服材料が求められている現今、既存の繊維材料の新たな加工法を見出すことは重要な課題の一つである。

天然繊維の収縮性については、綿を強アルカリで処理するリップル加工がよく知られているが、著者らはこの加工を応用し、綿とポリエステル、2種の繊維の収縮差を利用してポリエステル布にリップルを付与するテキスタイル制作について報告している<sup>1)</sup>。また、繊維の良・貧溶媒混合溶液を用いた布帛の収縮性から、染色技法を応用した新しいアクリル布のテキスタイル制作についても報告した<sup>2)</sup>。

本研究では、ナイロン布について、良溶媒としてギ酸、貧溶媒として水との混合溶液、すなわちギ酸水溶液を用いて、ナイロン布の収縮性について検討した。更に、それらの実験結果を基に、ナイロン布とシルク布の収縮差を利用して、シルク

オーガンジーにリップルを付与したテキスタイル制作の手法についても併せて報告する。

### 2 実験

#### 2-1 試料および方法

本研究ではナイロン布、シルク布共にオーガンジーを用いた。表1にモノフィラメントからなるナイロンオーガンジー、シルクオーガンジーの諸元を示した。収縮実験用試料は、長さ（経糸方向）130 mm×幅（緯糸方向）5 mmの短冊形に整え、長さ方向100 mm間に糸印を施して測定用試料とした。

表1. 試料の諸元

試料 組織	ナイロンオーガンジー	シルクオーガンジー
	Plain	Plain
織密度 (cm <sup>-1</sup> )	経	40
	緯	40
織度・燃り	経	34 dtex f1 Z 200
	緯	34 dtex f1 Z 200
		23 dtex f1 t0
		23 dtex f1 t0

1 東京家政学院大学現代生活学部生活デザイン学科

2 東京家政学院大学家政学部家政学科

## 2-2 収縮実験

所定の体積分率に調整したギ酸水溶液に試料を浸漬し、一定時間経過後に取り出して糸印間の長さ変化を測定した。収縮率は(1)式に基づき算出した。また、処理温度を25℃、40℃、60℃と変化させ、同様の実験を行った。

$$\sigma = (L_0 - L) / L_0 \times 100 \quad (1)$$

$\sigma$  : 収縮率 (%)  $L_0$  : 処理前の試料長 (mm)  
L : 処理後の試料長 (mm)

## 2-3 引張り強伸度測定

島津製作所オートグラフ S-100-D を使用して、JIS L-1096 一般織物試験方法(ストリップ法)に準拠し、試料の引張り強伸度を測定した。

## 2-4 剛軟性測定

JIS L-1096 一般織物試験方法に準拠し、45°カンチレバー法により、剛軟性を測定した。

## 3 結果及び考察

### 3-1 収縮実験

図1にナイロン布、シルク布における収縮率のギ酸水溶液中のギ酸の体積分率 $\phi v$ に対する依存性を示した。ナイロン布(●印)では、 $\phi v$ が30%以下の低い領域では試料の収縮は全くみられず、 $\phi v$ が40%で数%収縮する。40%を超えると急激に収縮が大きくなり、 $\phi v = 50\%$ で約20%の、55%では約30%の収縮率を示し、 $\phi v = 62\%$ では最大収縮率約60%となる。これ以上の $\phi v$ ではナイロン繊維は完全に溶解した。一方、シルク布(▲印)をギ酸水溶液に浸漬すると2~4%の収縮がみられるものの、 $\phi v$ の増大に伴う収縮率の変化は殆ど観測されず、 $\phi v = 80\%$ 以上で溶解する。

図2に処理温度25℃で、 $\phi v = 45 \sim 62\%$ におけるナイロン布の収縮率の処理時間による変化を示した。いずれの $\phi v$ においても、処理時間10分以内で、収縮率はほぼ平衡値に達し、 $\phi v$ が高くなるに従い、平衡収縮率は大きくなり、平衡に達する時間は、より短時間側へと移行していることが

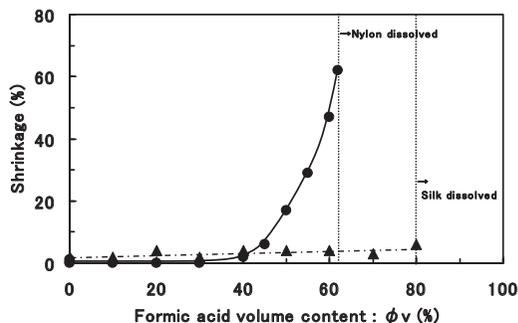


図1. 収縮率のギ酸体積分率( $\phi v$ )依存性 (25℃, 5min. ●ナイロン布, ▲シルク布)

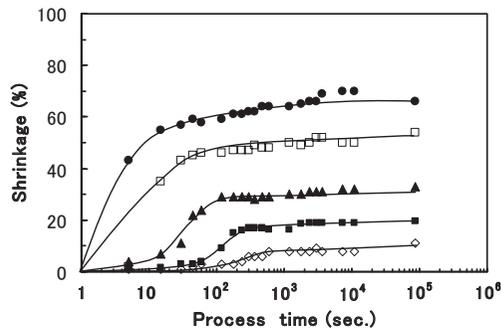


図2. 収縮率の処理時間依存性 (ナイロン布, 25℃, ◇ $\phi v = 45\%$ , ■ $\phi v = 50\%$ , ▲ $\phi v = 55\%$ , □ $\phi v = 60\%$ , ● $\phi v = 62\%$ )

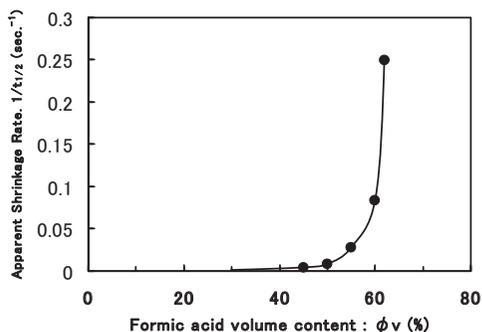


図3. 見掛け収縮速度のギ酸体積分率( $\phi v$ )依存性

わかる。収縮率が平衡収縮率の1/2となる時間を半収縮時間  $t_{1/2}$  とすると、この逆数は、収縮速度の目安、見掛けの収縮速度とみることができ、その  $\phi_v$  依存性を図3に示した。アクリル繊維布のジメチルホルムアミド水溶液における収縮性では、見掛け収縮速度はジメチルホルムアミドの体積分率に対し、直線的に増加する結果が得られている<sup>2)</sup>。しかし、本研究では、 $\phi_v=50\%$ 以下の試料では見掛け収縮速度は小さく、 $\phi_v=60\%$ では $\phi_v=50\%$ と比較して体積分率10%の増加で、見かけ収縮速度が約10倍も速くなり、二次関数的に増大している。

図4は、 $\phi_v = 50\%$ で処理したナイロン布の収縮率の処理時間依存性を、25℃ (■印)、40℃ (▲印)、60℃ (●印)で測定した結果である。平衡収縮率は、25℃で19%、40℃で27%、50℃で55%の値を示し、処理温度が高くなるに従い大きくなっている。平衡収縮率に要する時間は処理温度が高くなると共に短時間側へ移行し、60℃では数秒の単位で平衡収縮率に達している。この結果から図3と同様の方法で算出した見掛けの収縮速度の温度依存性を、図5に示した。30℃以下の処理温度では見掛けの収縮速度は非常に小さいが、40℃を境に速度は大きくなり、60℃では40℃における速度の10倍程に増大し、収縮現象は加速度的に進行していることを示している。このようにナイロン布の収縮現象は、処理温度が高くなるに従い平衡収縮率も大きくなり、収縮速度も増大することから、系全体では吸熱反応が起こっている。ギ酸水溶液によるナイロン布の収縮現象は、ギ酸・水分子の繊維への吸着（発熱反応）に伴って、繊維を形成する分子間距離の増大（吸熱反応）が生じると考えられる。系全体では吸熱反応であることから、この分子間距離の増大が系全体の収縮現象を支配し、分子間距離の増大に伴って、引き延ばされたナイロン分子が収縮・配列の乱れを起こしていると想定できる。

### 3-2 引張り強伸度測定

ナイロン布、シルク布を蒸留水のみで処理した  $\phi_v = 0\%$ の試料と  $\phi_v = 50\%$ で処理した試料の

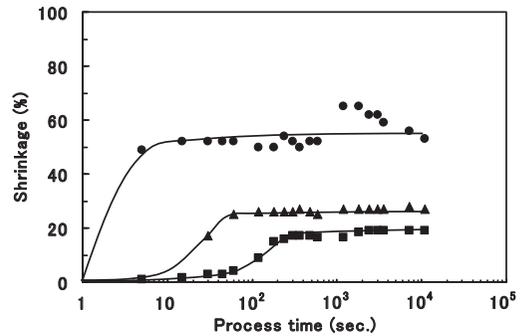


図4. 収縮率の処理時間依存性の温度効果  
(ナイロン布,  $\phi_v = 50\%$ , ■ 25℃, ▲ 40℃, ● 60℃)

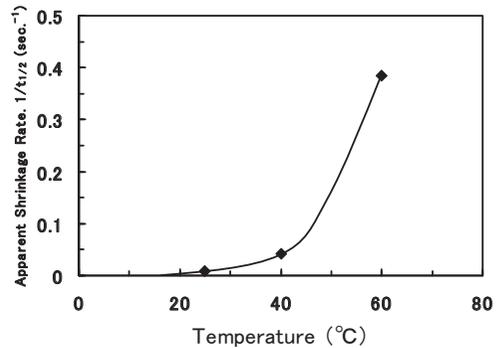


図5. 見掛け収縮速度の温度依存性

引張り強伸度測定の結果を図6に示した。シルク布 (△▲印) の強度、伸度には、 $\phi_v = 0\%$ と  $\phi_v = 50\%$ の間に大きな変化はみられず、今回の実験範囲に於けるギ酸処理による機械的性質の低下は起きていないことが明らかである。しかし、ナイロン布 (○●印) の強度、伸度において、 $\phi_v = 50\%$ で処理した試料は、 $\phi_v = 0\%$ の試料に比べ、破断強度には殆ど差がないものの、著しい伸度の増大がみられ、より柔軟で伸びやすい素材へと変化している。このような伸度の変化は、次のように考えることができる。

$\phi_v = 50\%$ で処理した試料の収縮率は図1から約20%となる。従って、 $\phi_v = 0\%$ の試料の長さを  $L_0$  とすると、それに相当する  $\phi_v = 50\%$ の試料の

長さは $0.8L_0 (=L^*)$ となる。 $\phi_v = 50\%$ の伸度は約75% (図6)であるので、破断時の試料長は $1.75L^*$ となる。しかしこの値は、収縮した試料長、 $0.8L_0$ を基準としたものであるので、収縮前の長さで考えると破断時の長さ $L$ は、

$$L = 1.75 L^* = 1.75 \times 0.8 L_0 = 1.4 L_0$$

となる。一方、 $\phi_v = 0\%$ の試料の伸度は40%であるので、破断時の試料長は $L = 1.4 L_0$ となり、 $\phi_v = 50\%$ の試料の破断時の長さとも一致する。すなわち $\phi_v = 50\%$ の試料では、見かけ上、破断伸度が $\phi_v = 0\%$ の試料のそれよりもかなり大きくなり、伸び易い性質へと変化しているように見えるが、これは繊維が収縮した分、より伸度が大きくなったと考えられ、繊維を形成するナイロン分子の物理的構造変化が反映されているもの理解される。言い換えると $\phi_v = 50\%$ で処理し、約20%収縮したナイロン布でも繊維を形成するナイロン分子、それ自体の機械的性質は未収縮繊維中のナイロン分子と比べて殆ど変化していないと考えられる。

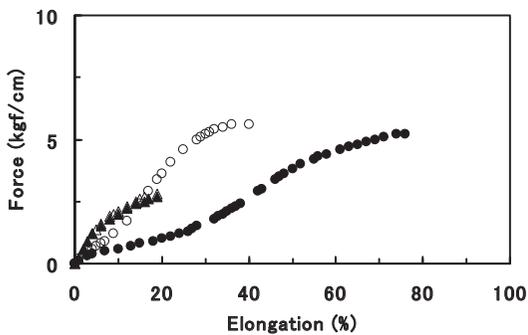


図6. 引張り強伸度測定

(25°C, 5min. ○△ $\phi_v = 0\%$ , ●▲ $\phi_v = 50\%$ , ○●ナイロン布, △▲シルク布)

図7にナイロン布の切断強度の収縮率依存性を示した。強度( $F$ )は各々 $\phi_v = 0\%$ の試料の強度、 $F_0$ で規格化して表している。収縮率が大きくなるとともに破断強度は緩やかに減少し、収縮率30%では $\phi_v = 0\%$ の試料の強度に比べて約10%程破

断強度は低下している。更に収縮率が大きくなると強度の低下は著しくなっている。同様な結果は剛軟性の測定でも得られ、 $\phi_v = 55\%$ で処理された収縮率30%の試料においては布の剛軟性には大きな変化が見られず、収縮率40%以上の試料では剛軟性の増大が観測されている。

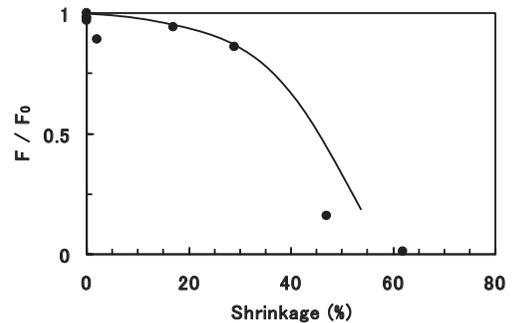


図7. 切断強度のギ酸体積分率 ( $\phi_v$ ) 依存性 (ナイロン布, 25°C, 5min.)

以上のように、ギ酸水溶液中にナイロン布を浸漬すると、ギ酸体積分率の比較的狭い領域でナイロン繊維の収縮が起こり、収縮率30%程度までの処理布であればナイロン繊維の機械的強度は未処理の試料の10%減程度であり、実用上問題のないことが示された。また、ギ酸水溶液を用いても、シルク布は殆ど収縮せず、強伸度の減少や布帛の硬化等も見られないことも明らかにされた。そのため、表地にシルク布、裏地にナイロン布を用いて、ギ酸水溶液に対する2種の繊維布の収縮差を利用した、シルク布へのリップル付与が可能となる。しかし、前述のように収縮率が40%を超えるとナイロン布の強度低下、硬化が顕著となるため、実用性とデザイン性のバランスを考慮して、テキスタイルの制作をする必要がある。

#### 4 テキスタイル制作

以上の実験結果を基に、ナイロン布、シルク布共にオーガンジーを用い、ナイロンオーガンジーの収縮性を利用して、シルクオーガンジーにリップルを付与したテキスタイル制作を行った。

図8にテキスタイル制作の流れを示した。シルクオーガジーの特性を十分発揮しつつ、ナイロンオーガジーの収縮性を利用するため、古くから行われている染色技法である板締めを応用し、部分的にシルクオーガジーのセリシンを除去して(①)セリシンの有無により模様を付与した。シルクオーガジーとナイロンオーガジーを重ね、セリシンの有無でできた模様に合わせて二枚を縫い合わせる(②)。この布帛を求める体積分率に調整したギ酸水溶液に浸漬する(③)とナイロンオーガジーの収縮が起こり、シルクオーガジーは殆ど収縮しないため、縫い合わせた模様部分に合わせてシルクオーガジーにリップルが生じる(④)。最終工程で、布帛を染色する(⑤)。

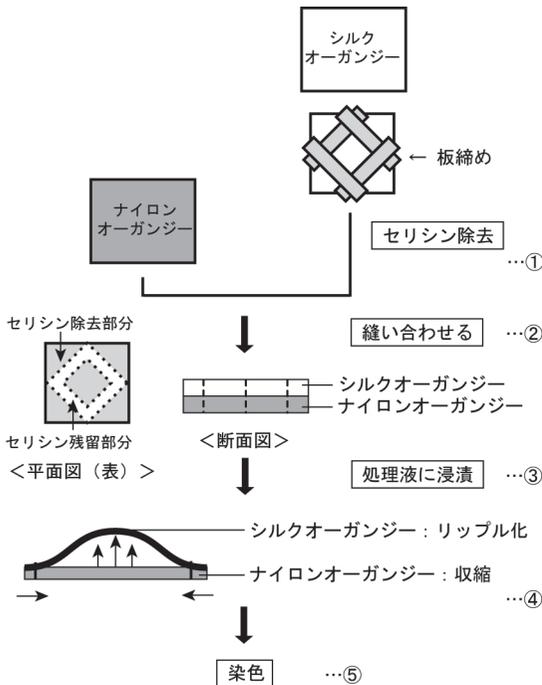


図8. テキスタイル制作方法

写真1(a)に制作したテキスタイルの写真を示した。シルクオーガジーにセリシン除去部を導入し染色することにより、セリシン残留部分は濃色に染色され、一方、セリシン除去部分は染色されにくいいため淡色で、シルク本来の穏やかな光沢を有している。加えて透けているオーガジー

であるため、裏地に用いている濃色に染色されたナイロン布の色相が適度に透け、全体として淡い色調となっている。また写真から判るようにシルク布全体に導入されたリップルはナイロン裏地の色の見え方で、より凹凸感を引き立たせ、表面テクチャーの複雑さと色調・光沢の複雑さを併せ持つ、独特なテキスタイルとなっている。



写真1. テキスタイル作品の一例

本報で用いたセリシン除去、収縮加工条件、及び、染色条件は以下のとおりである。

<セリシン除去>

0.4wt%洗剤液 (pH11) を用い、100℃で20分処理した。

<収縮加工>

ギ酸体積分率  $\phi_v = 55\%$  で5分、室温で処理した。

<染色>

分散染料 4%owfの染液を用い、90℃で30分染色した。

写真1(b)は、このテキスタイルを使用した作品の一例である。

## 5 結論

本報では、ナイロン布、シルク布を試料として、ナイロン繊維の良溶媒であるギ酸と貧溶媒である水との混合溶液を用いて、良・貧溶媒混合溶液法によるナイロン布の収縮性について検討した。ナイロン布では、室温においてギ酸の体積分率40%以上のギ酸水溶液で収縮が起これ、体積分率を変化させることにより収縮率は最大60%に達した。しかし収縮率が40%以上になると機械的強度の減少と布帛の硬化が顕著となるため、実用的には、破断強度の低下が10%程度に収まる収縮率30%の体積分率55%程度までと考えられた。処理温度が高くなるに従い、平衡収縮率は大きくなり、見かけの収縮速度も速くなる。このことから、ナイロン布の収縮現象は、ギ酸水溶液の浸透に伴って分子間距離が増大し、その結果、繊維を形成している引き伸ばされたナイロン分子が収縮するものと考えられた。一方、シルク布は、ギ酸水溶液に浸漬しても殆ど収縮せず、更に、測定範囲内では大きな強伸度の変化も布帛の硬化等も見られず、顕著な繊維の劣化は生じていないことが判明した。

そのため、ナイロン布とシルク布の収縮差を利用するシルク布へのリップル加工が可能であった。

その一例として、裏地にナイロンオーガンジー、表地にシルクオーガンジーを用い、ナイロンオーガンジーを収縮させることにより、シルクオーガンジーにリップルを付与したテキスタイルを制作した。表地のシルクオーガンジーにセリシン除去部分とセリシン残留部分を混在させることにより、セリシン除去部分におけるシルク布の光沢とセリシン残留部分の濃色との対比、それに加えてセリシン除去部分でのナイロン裏地の色相の透け感の乱雑さにより、一層の凹凸感を生み出す、複雑な表面テクスチャーを有するテキスタイルとなった。

## 参考文献

- 1) 花田朋美、安藤穰；東京家政学院大学紀要 43, 55-58 (2003)
- 2) 花田朋美、岩崎光恵、安藤穰、森川陽、繊維製品消費科学、50, 1009-1015 (2009)

(受付 2012.3.28 受理 2012.5.24)