

# ロゴム部の締め付けが弱い快適なソックスの感性工学的研究

辻坂 敏之<sup>\*1)</sup>, 仲井 菜都希<sup>\*1)</sup>

## Kansei Engineering Study of Relaxed-Top Socks

TSUJISAKA Toshiyuki<sup>\*1)</sup>, NAKAI Natsuki<sup>\*1)</sup>

高齢者向けのロゴム部の締め付けが弱いパイル編みソックスの設計指針を得ることを目的として、レッグ部のパイルの高さ及び圧迫力の評価が良かったパイル編みソックスを主成分分析により選定して、同じ糸使いで編成したロゴム部のある平編みソックスとの物理特性の比較及び官能評価による比較を行った。ロゴム部の締め付けが弱いパイル編みソックスは、ロゴム部のある平編みソックスよりもずり落ち量が大きくずり落ち感があるものの、ずり落ちた時でも外觀形状は良好であった。また、圧縮特性の結果から、ロゴム部の締め付けが弱いパイル編みソックスは足を締めつける感覚を与えないと示唆された。さらに官能評価においても圧迫感がないことや脱ぎやすさも良好であるため、高齢者に適したソックスであると結論付けた。

### 1. 緒言

近年、日本は高齢化が急速に進んでいる。総務省統計局のデータによると2022年10月で65歳以上の人口が3,620万人であり、全人口の約30%になっている。さらに2040年には全人口の約35%になる見込みとなっている。一方、ソックスは肌の保護、保温などの機能を有するため高齢者には特に重要な衣類である。ソックスのロゴム部には、ある程度しっかり締め付けるゴム糸が挿入されており、ずり落ちにくく設計されている。しかし加齢とともに皮脂量が減少すると肌の保湿ができなくなり、ソックスロゴム部の締め付けがかゆみを生じさせることがある。また肌の弾力性が落ちて、ロゴム部の跡がくっきりと肌に残るようになる。その対策としてロゴム部が非常に緩い、あるいはロゴム部がないソックスが存在する。ロゴム部が緩くてもソックスのレッグ部の裏糸や度目など編み組織の編成方法を最適化することにより、ある程度の圧迫力を持たせてずり落ちにくくすることが可能である。

ソックスの編み組織に関しては、パイル編みにするとパイルループが空気層を作るため保温性が良く、また、編地に厚みがありクッション性を持つため、足の冷え対策やケガ防止対策として高齢者用には適していると思われる。

これまでのソックスに関連した主な研究は、ソックスの圧迫力に関する研究<sup>1-3)</sup>、素材に関する研究<sup>4)</sup>、審美性の研究<sup>5)</sup>などがある。また、高齢者向けのソックスに関する研究では、履きやすさ及び履かせやすさと圧迫力の関係に関する研究<sup>6-7)</sup>、つまりき予防靴下に関する研究<sup>8-11)</sup>、室内転倒の実態と靴下類の滑り性に関する研究<sup>12)</sup>などがある。しかしこれまでにロゴム部のないソックスに関する圧迫力やずり落ちに関する研究はみられない。

筆者の研究ではロゴム部の締め付けが弱いパイル編みソ

ックスでレッグ部を上部と下部に2分割したソックスでは、レッグ部上部の圧迫力が16 hPa~19 hPaにあれば、レッグ部下部の圧迫力の強弱に関係なくずり落ちにくくなることが明らかになった<sup>13)</sup>。また、レッグ部下部の圧迫力がある程度あると、ずり落ちていない感覚がみられることがわかった。

本研究では、レッグ部のパイルの高さを2水準に、レッグ部下部の圧迫力も2水準に変化させたソックスを試作して、レッグ部のパイルの高さが編地の圧縮特性やソックスの履き心地に与える影響を検討した。その結果をうけて最終試作ソックスを選定し、同じ糸を使って編成したロゴム部がある平編みソックスとの比較検討を行った。

### 2. 実験 I : 編地のパイル高さの影響

#### 2.1 実験方法

##### 2.1.1 試料

試料となるソックスは針数156本のパイル編みとして、表糸に30番手の綿単糸を2本引きそろえて編成した。表1に示すようにパイルの高さとレッグ部下部圧迫力を弱めの圧迫力と強めの圧迫力との組み合わせで計4種類のソックスを試作した。各試料ソックスの圧迫力を表2に示す。圧迫力については衣服圧測定機AMI-3037((株)エイエムアイ・テクノ)を用いて、20代女性平均トルソー(七彩製)に試料のソックスを着装させた時のレッグ部下部およびレッグ部上部の圧迫力を測定した。

試料ソックスのパイルの高さと圧迫力の各組合せにおけるパイル編地の厚さを表3に示す。測定値はKES-FB3圧縮試験機(カトーテック(株))を用いて測定した荷重0gの時の厚さの平均値である。

\*1) ローカルプロダクト科(当時:繊維・毛皮革・高分子グループ)

表 1 試料ソックスのパイルの高さと圧迫力

試料	パイル	レッグ部 下部圧迫力
ソックス A	高	弱
ソックス B	低	弱
ソックス C	高	強
ソックス D	低	強

表 2 試料ソックスの平均圧迫力

試料	レッグ部下 部 (hPa)	レッグ部上 部 (hPa)
ソックス A	11	13
ソックス B	10	14
ソックス C	19	12
ソックス D	20	15

表 3 作製したソックスの編地の厚さ

試料	厚さ (mm)
パイル高 強圧 (ソックス A レッグ部上部)	4.58
パイル高 弱圧 (ソックス A レッグ部下部)	3.86
パイル低 強圧 (ソックス B レッグ部上部)	4.08
パイル低 弱圧 (ソックス B レッグ部下部)	3.55

### 2.1.2 圧縮特性の測定

KES-FB3 圧縮試験機 (カトーテック (株)) を用いて, ソックス A のレッグ部上部およびレッグ部下部, ソックス B のレッグ部上部およびレッグ部下部, すなわちパイルが高く強めの圧迫力の編地, パイルが高く弱めの圧迫力の編地, パイルが低く強めの圧迫力の編地, 及びパイルが低く弱めの圧迫力の編地, 計 4 パターンの編地について圧縮特性を測定した. それぞれ 5 か所を測定して, 圧縮剛性, 圧縮エネルギー, 及び圧縮回復性の各平均値を求めた.

### 2.1.3 ずり落ち量測定および官能評価実験

被験者は試料ソックスを着用し, ソックストップ部の位置を脚にマーキングした. 続いて靴を履きトレッドミルを用いて 3 km/h で 2 分間歩行動作を行ったあと, トップ部の最初にマーキングした位置との差を測定してそれをずり落ち量とした. ずり落ち量測定後すぐに各被験者は SD 法による官能評価を行った. 評価法は 7 段階を点数化する方法 (+3 点, +2 点, +1 点, 0 点, -1 点, -2 点, -3 点) で行った. また, 評価項目は“ずり落ち感”, “履くときの履きやすさ”, “肌ざわり”, “やわらかさ”, “圧迫感”, “フィット感”,

“脱ぐときの脱ぎやすさ”, “総合的な履き心地”の 8 項目である. 被験者は 30 代~60 代の女性 7 名である.

なお, 本研究を実施するにあたっては, 「奈良県産業振興総合センターにおける人を対象とする研究倫理審査規程」に従い委員会の承認を得た. (申請番号: 産総セ R5-01)

## 2.2 結果及び考察

### 2.2.1 圧縮特性

ソックス A のレッグ部上部すなわちパイルが高く強めの圧迫力の編地, ソックス A のレッグ部下部すなわちパイルが高く弱めの圧迫力の編地, ソックス B のレッグ部上部すなわちパイルが低く強めの圧迫力の編地, ソックス B のレッグ部下部すなわちパイルが低く弱めの圧迫力の編地の計 4 パターンの編地について LC (圧縮剛性), WC (圧縮エネルギー), および RC (圧縮回復性) を測定した結果を表 4 に示す. パイルの高低で比較すると, パイルが高いソックス A の編地はパイルが低いソックス B の編地よりも LC の値が 1.3 倍~1.4 倍となっており圧縮が硬いが, WC の値が 1.4 倍~1.6 倍で圧縮されやすかった. またパイルが低いソックス B の編地ほうがパイルが高いソックス A の編地よりも 3%~5%ほど圧縮回復性が良かった. 圧迫力の強弱を比較すると, 弱めの圧迫力の編地のほうが強めの圧迫力の編地よりも約 1.6 倍圧縮が硬く, 1.6 倍~1.8 倍圧縮されやすかった. すなわち, パイルが低く強めの圧迫力の編地は圧縮が柔らかく, 圧縮されにくく, 圧縮回復性が良いことがわかった.

表 4 編地の LC (圧縮剛性), WC (圧縮エネルギー), および RC (圧縮回復性)

サンプル	LC	WC (gf·cm/ cm <sup>2</sup> )	RC (%)
パイル高 強圧	0.36	0.90	46.93
パイル高 弱圧	0.58	1.58	39.04
パイル低 強圧	0.27	0.63	51.82
パイル低 弱圧	0.42	1.00	42.47

### 2.2.2 ずり落ち量及び官能評価結果

各試料ソックスのずり落ち量を表 5 に示す. 対応のある平均値の差の検定を行ったところ, ずり落ち量の平均値に差はないという結果であった. これはレッグ部上部の圧迫力を 4 つの試料ソックスとも同じになるよう設計したことによると思われる. すなわち, レッグ部上部の圧迫力がずり落ち量に影響し, レッグ部のパイルの高低はずり落ち量

に影響しないことがわかった。

被験者による官能評価の平均スコアを図1に示す。レッグ部下部が弱めの圧迫力のソックスAとソックスBの場合でも強めの圧迫力のソックスCとソックスDの場合でも、パイルが低いソックスBとソックスDのほうがずり落ち感、フィット感、履きやすさ、脱ぎやすさで評価が良いことがわかった。肌触りとやわらかさはパイルが高いソックスAとソックスCのほうが評価は良くなっている。4種類のソックスの中ではソックスDの評価が最も良い。これは圧縮特性の実験で圧縮が柔らかく、圧縮されにくく、圧縮回復性が良いとされたパイルが低く強めの圧迫力の編地である。

表5 各試料ソックスのずり落ち量

試料	ずり落ち量平均 (mm)
ソックス A	7.8
ソックス B	9.6
ソックス C	10.6
ソックス D	9.5

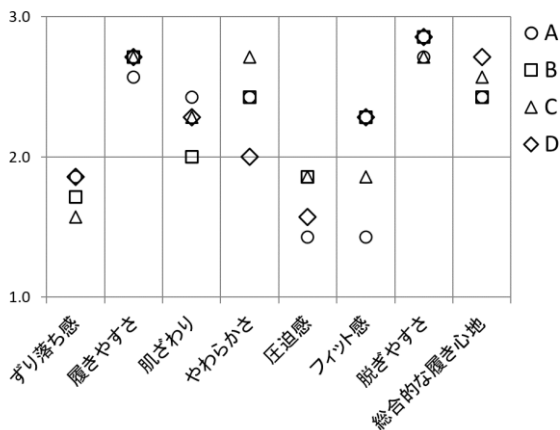


図1 官能評価による試料ソックスの平均スコア

2.2.3 主成分分析による試料の選定

最終試作品を選定するために、主成分分析を行って総合特性値に要約し試料を順位付けした。なお、主成分の選定条件は累積寄与率 90 %以上とした。このとき変数として「総合的な履き心地」以外の官能評価得点を用いた。表6に各変数間の相関係数を示した。バリマックス回転後の主成分負荷量を表7に、主成分得点係数を表8に、そして各試料ソックスの主成分得点を表9に示す。第1主成分は「フィット感」、「脱ぎやすさ」、「履きやすさ」が正の係数として影響が大きく「着脱のしやすさ」に関連する主成分と考えられる。第2主成分は「ずり落ち感」が正の係数として影響が大きく、「やわらかさ」、「圧迫感」が負の係数として影響が大きいため「ずり落ちにくさ」に関連する主成分と考えられる。第1主成分の順位はソックスB, D, C, Aの順となった。また第2主成分ではD, A, B, Cの順となった。第1主成分と第2主成分の組合せの主成分得点の配置を図2に示す。

X軸は(+)方向に行くほどソックスの着脱のしやすさがよくなり、Y軸は(+)方向に行くほどずり落ちにくくなる。このグラフより、どちらのスコアも良いソックスDタイプを最終試作品として選定した。

表7 バリマックス回転後の主成分負荷量

	主成分1	主成分2	寄与率
ずり落ち感	-0.29947	0.95267	0.9973
履きやすさ	0.87874	-0.28596	0.8540
肌ざわり	-0.80898	0.24634	0.7151
やわらかさ	-0.32137	-0.93981	0.9865
圧迫感	0.67302	-0.73874	0.9987
フィット感	0.98556	0.08576	0.9787
脱ぎやすさ	0.87187	0.4682	0.9794
負荷量の二乗和	3.8040	2.7056	
寄与率	54.3	38.7	
累積寄与率	54.3	93.0	

表6 相関係数行列

	ずり落ち感	履きやすさ	肌ざわり	やわらかさ	圧迫感	フィット感	脱ぎやすさ
ずり落ち感	1						
履きやすさ	-0.55556	1					
肌ざわり	0.44905	-0.57735	1				
やわらかさ	-0.79302	-0.05803	-0.0335	1			
圧迫感	-0.90722	0.8165	-0.70711	0.47378	1		
フィット感	-0.22108	0.89732	-0.69826	-0.41428	0.60524	1	
脱ぎやすさ	0.19245	0.57735	-0.66667	-0.70353	0.2357	0.87846	1

表 8 主成分得点係数

	主成分 1	主成分 2
ずり落ち感	-0.0758	0.5688
履きやすさ	0.4349	-0.1144
肌ざわり	-0.4018	0.0949
やわらかさ	-0.2475	-0.6052
圧迫感	0.2891	-0.4096
フィット感	0.5222	0.1235
脱ぎやすさ	0.4952	0.3523

表 9 各試料ソックスの主成分得点

	主成分 1	主成分 2
ソックス A	-2.9685	0.8147
ソックス B	2.1661	-0.5389
ソックス C	-0.4324	-2.3549
ソックス D	1.2348	2.0791

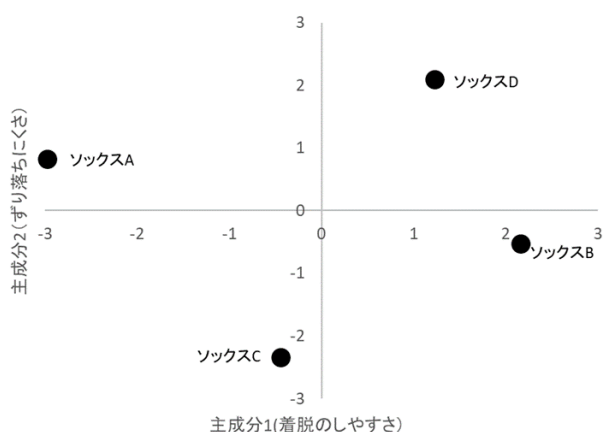


図 2 第 1 主成分と第 2 主成分の組合せの主成分得点

### 3. 実験 II : ロゴム部があるソックスとの比較

#### 3.1 試料ソックス

ロゴム部の締め付けが弱いパイル編みソックスとして、ソックス D を最終的に選定して再び作製した。そして、ロゴム糸がしっかり挿入されている平編みの通常ソックスを比較対照の実験試料として作製した。この平編みソックスもソックス D と同じく針数 156 本で表糸は 30 番手綿糸 2 本引きそろえとしてある。また、ロゴム糸の太さは 100 番手である。

#### 3.2 実験方法

##### 3.2.1 レッグ部の圧迫力測定

衣服圧測定機 AMI-3037 を用いて、20 代女性平均トルソー（七彩製）に試料のソックスを着装させた時のレッグ部下（足首部分）、レッグ部上部（ロゴム部よりやや下部分）、およびロゴム部の圧迫力を測定した。

##### 3.2.2 圧縮特性の測定

KES-FB3 圧縮試験機（カトーテック(株)）を用いて、ソックス D のレッグ部上部の編地、および平編みの編地について圧縮特性を測定した。それぞれ 5 か所を測定して平均値を求めた。

##### 3.2.3 ずり落ち量測定

被験者は女性 1 名で、両脚に試料ソックスを着用し、ソックスストップ部の位置を脚にマーキングした。続いて靴を履いてトレッドミルを用いて 3 km/h で 2 分間歩行動作を行ったあと、ソックスストップ部の位置の差を測定してそれをずり落ち量とした。1 試料について 5 回測定し平均値をとった。

##### 3.2.4 官能評価実験

被験者は 1 日試料ソックスを履いて、SD 法による官能評価実験を行った。評価法は 7 段階を点数化する方法（+3 点、+2 点、+1 点、0 点、-1 点、-2 点、-3 点）で行った。評価項目は、「ずり落ち感」、「履くときの履きやすさ」、「肌ざわり」、「やわらかさ」、「圧迫感」、「フィット感」、「脱ぐときの脱ぎやすさ」、「総合的な履き心地」の 8 項目である。被験者は女性で 30 代 3 名、40 代 1 名、50 代 5 名、60 代 1 名の計 10 名である。

### 3.3 結果及び考察

#### 3.3.1 圧迫力

各試料ソックスのレッグ部下、レッグ部上部、およびロゴム部の圧迫力を図 3 に示す。ソックスストップ部の袋編み部分に締め付けが弱い FTY（フィラメント・ツイステッド・ヤーン）を少し挿入しただけのソックス D の圧迫力は、ゴム糸がしっかりと挿入されているロゴム部を持つ平編みソックスに比べて 7 割程度の約 20 hPa となった。一方でレッグ部上部およびレッグ部下部は 15 hPa～17 hPa で平編みソックスよりも少し圧迫力が強かった。

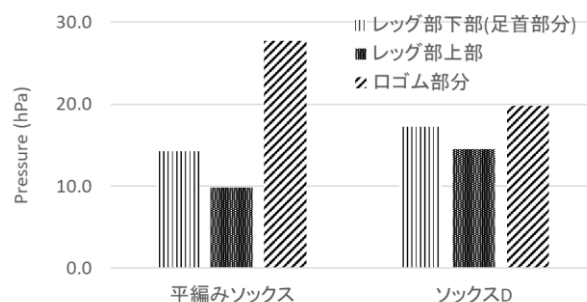


図 3 圧迫力の測定結果

3.3.2 圧縮特性

圧縮特性の測定結果を表10に示す。圧縮エネルギー(WC)については、ソックスDのパイル生地は平編み生地と有意水準1%で差がありソックスDのパイル生地が平編みソックスよりも圧縮エネルギー(WC)が大きくなった。また、生地の沈み込み量(T<sub>0</sub>-T<sub>M</sub>)もソックスDのほうが平編みソックスよりも大きく、これらのことから、ソックスDのパイル生地は平編み生地と比べて圧縮されやすいためやわらかく感じると考えられる。圧縮回復性(RC)については有意な差はなかった。これらの圧縮特性の結果から、着用したときにソックスDのパイル生地は足を締めつける感覚を与えないと考えられる。

表10 各ソックスの編地の圧縮特性測定結果

サンプル	WC (gf· cm/cm <sup>2</sup> )	RC (%)	T <sub>0</sub> (mm)	T <sub>M</sub> (mm)	T <sub>0</sub> -T <sub>M</sub> (mm)
ソックスD	0.71	45.0	3.651	2.870	0.78
平編ソックス	0.59	47.9	2.145	1.435	0.71

3.3.3 ずり落ち量

各試料ソックスを履いてずり落ち量を測定した結果を表11に示す。この時の被験者はソックスをかなり引っ張り上げて履いていた。平均値の差の検定でソックスDは平編みソックスより有意水準5%でずり落ち量が大きくなった。締め付けがある口ゴム部を持つ平編みソックスと比べ、口ゴム部の締め付けを弱くしたソックスDは引っ張り上げて履くとずり落ちやすいことがわかる。しかし、図4に歩行動作後のソックスDの状態を示したが、ずり落ちてシワにならずに引っ張り上げる前の状態に戻っただけでそれ以上はずり落ちず、外観は良かった。今回の実験では、被験者がかなり引っ張り上げて履いていたが、ほとんど引っ張り上げないで履く被験者の場合には、ずり落ちは小さいと思われる。パイル編み生地は厚みがあるため生地が筒状態を保って自立し、形が崩れないと考えられる。

3.3.4 官能評価

被験者による官能評価の平均スコアを図5に示す。「ずり落ち感」に関しては、平編みソックスは口ゴム糸がしっかりと挿入されていることもあって評価が良く、ソックスDとは有意水準5%で平均スコアに差があった。しかしソックスDも平均スコアが±0であり悪い評価にはなっていない。「圧迫感」に関しては平均値の差の検定では有意水準6%では差があり、ソックスDのほうが平編みソックスに比べて圧迫感がなく良好であった。「脱ぎやすさ」に関し

てもソックスDのほうが平編みソックスに比べて平均スコアは良好であった。「総合的な履き心地」に関しては、平均値の差の検定で有意水準7%では平編みソックスのほうが平均スコアは良いが、ソックスDも平均スコアが約+1であり評価が良かった。「圧迫感」や「脱ぎやすさ」の評価が良いことから、ソックスDは「皮膚がかゆくなりにくい」、「体が硬く曲げにくくても着脱しやすい」ように設計できている、高齢者に使いやすいソックスだと考えられる。

表11 各ソックスの平均ずり落ち量

試料	平均ずり落ち量 (mm)
ソックスD	38.6
平編みソックス	21.1



図4 ずり落ち実験：歩行動作後のソックスDがずり落ちた様子。

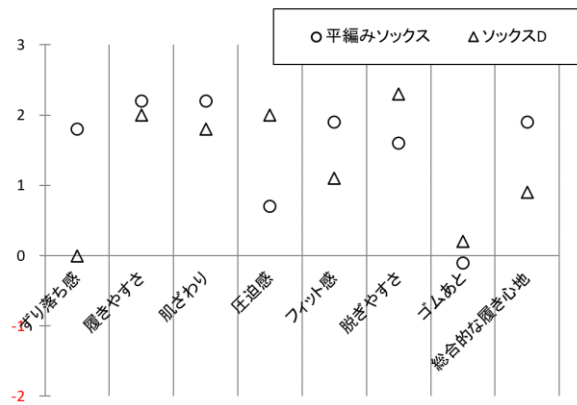


図5 官能評価による試料ソックスの平均スコア

4. 結言

本研究では口ゴム部の締め付けが弱いパイル編みソックスにおいて、レッグ部のパイルの高さだけを変化させたときに編地の圧縮特性や履き心地に影響があるかどうかを検討した。また、その結果をうけて同じ糸を使った締め付け

が強いロゴム部がある平編みソックスとの比較を行って、ロゴム部の締め付けが弱い高齢者向けのソックスとして次の知見が得られた。

- (1) パイルの高さが低く厚さ約 4 mm の編地は、圧縮が柔らかく、圧縮されにくく、圧縮回復性が良い。また、その編地で編成したソックスはレッグ部のパイルが高いソックスと比較してずり落ち感、フィット感、履きやすさ、脱ぎやすさで評価が良い。
- (2) 評価の良かったパイルソックスと、同じ糸を使った締め付けが強いロゴム部がある平編みソックスの比較実験では、ロゴム部の締め付けが弱いパイル編みソックスはずり落ち量が大きくずり落ち感があるものの、ずり落ちた時でも外観形状は良好であった。また、圧縮特性の結果から足を締めつける感覚を与えないと示唆された。さらに官能評価においても圧迫感がないことや脱ぎやすさも良好であるため、「皮膚がかゆくなりにくい」、「体が硬く曲げにくくても着脱しやすい」高齢者に適したソックスであると結論付けた。

以上より高齢者向けソックスの設計指針として

- ・パイル編み：生地厚み 3.6 mm ~ 4.1 mm
  - ・レッグ部圧迫力：16 hPa ~ 19 hPa
  - ・針数：156 本
  - ・表糸：綿 30 番手単糸 2 本引きそろえ
  - ・裏糸：D430 DCY
- を提案することができた。

## 謝辞

本研究を実施するにあたり試料ソックスを編成していただきました吉谷靴下(株)に対して深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 百田裕子, 間壁治子, 三野たまき, 上田一夫, 日本繊維製品消費学会誌, Vol.34, No.4, p.175-186 (1993)
- 2) 百田裕子, 間壁治子, 三野たまき, 上田一夫, 日本繊維製品消費学会誌, Vol.34, No.11, p.603-614 (1993)
- 3) Tsujisaka, T., Azuma, Y., Matsumoto, Y., Morooka, H., *Text. Res. J.*, 74, p.598-602 (2004)
- 4) 西松豊典, 花之内智彦, 松本陽一, 鳥羽栄治, 松岡敏生, 近藤幹也, 石澤広明, 繊維学会誌, Vol.57, No.10, p.285-290 (2001)
- 5) 西松豊典, 花之内智彦, 鳥羽栄治, 庄健二, 近藤幹也, 松岡敏生, 繊維学会誌, Vol.56, No.11, p.537-543 (2000)
- 6) 奥儀由香里, 呑山委佐子, 太田麻未, 斉藤秀子, 日本衣服学会誌, Vol.56, No.1, p.7-18 (2012)
- 7) 斉藤秀子, 奥儀由香里, 呑山委佐子, 山梨県立大学人間福祉学部紀要, Vol.2, p.75-88 (2007)
- 8) 坂下理穂, 諸岡晴美, 日本繊維製品消費学会誌, Vol.58, No.11, p.921-928 (2017)
- 9) 坂下理穂, 諸岡晴美, 日本繊維製品消費学会誌, Vol.61, No.2, p.121-128 (2020)
- 10) 坂下理穂, 日本繊維製品消費学会誌, Vol.61, No.9, p.674-678 (2020)
- 11) 諸岡晴美, 坂下理穂, 繊維機械学会誌, Vol.75, No.1, p.45-49 (2022)
- 12) 堀口果良, 武庫川女子大学卒業研究要旨生活環境学研究, No.8, p.26-27 (2020)
- 13) 辻坂敏之, 奈良県産業振興総合センター研究報告, No.48, p.31-33 (2022)