

# スポーツソックスの下肢に及ぼす動的圧迫量の ゴム光ファイバーによる計測と快適性評価

信州大学 西松豊典  
(共同研究者) 同 松本陽一  
同 鳥羽栄治  
共立女子大学 酒井哲也

## Comfort Evaluation and Measurement of Clothing Pressure of Sports Socks Using Elastic Optical Fiber

by

Toyonori Nishimatsu, Yoichi Matsumoto, Eiji Toba  
*Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University*  
Tetsuya Sakai  
*Kyoritsu Women's University*

### ABSTRACT

In this study, factor analysis was used to study six adjectives used to define the comfort in Japanese sports socks. It was found that comfort in socks consisted of three common factors (A, B, and C). Factor A was related to the tight feeling at the sole of socks and the stuffy feeling, factor B was related to the fit feeling, and factor C was related to the tight feeling at the top of socks and the comfortable feeling. As the comfortable feeling was closely related to the tight feeling at the top, a system to measure the clothing pressure at the top of socks using an elastic optical fiber was developed. Then, the relation between the subjective evaluation of comfort and the clothing pressure as measured by the experimental system was examined by correlation analysis. As the clothing pressure at the top of socks has a positive correlation with the tight feeling at the top and a negative correlation with the comfortable feeling, it is found

that sports socks are judged loose at their tops and comfortable as the clothing pressure at the top decreases.

## 要 旨

被験者がスポーツソックスの履き心地を評価した官能量と、ゴム光ファイバーを用いて測定した下肢モデルと口ゴム間の締め付け強度との相関関係を考察した。その結果は次のとおりである。

(1) 被験者が評価したスポーツソックスの「履き心地」に関連する形容語について因子分析を行った結果、「足部の圧迫感や蒸れ感」、「フィット感」、「口ゴムの圧迫感や肌触り」の3因子が抽出された。

(2) ゴム光ファイバーを用いて測定した下肢モデルとスポーツソックス・口ゴム間の締め付け強度と、被験者が評価した「口ゴムの圧迫感」間には正の相関、「肌触りの良さ」間には負の相関がみられた。すなわち、口ゴムの締め付け強度が小さくなると、口ゴムの圧迫感を感じなくなるが、肌触りはよくなるという結果が得られた。

## 緒 言

ソックスは、現代の衣料生活において足の保護、保温、吸汗などを目的とする衣料品である。最近、消費者のソックスに対するファッション性、運動追従性、衛生面への要求が高まるとともに、その用途に応じてソックスはビジネス・ソックス、カジュアル・ソックス、タウン・ソックス、スポーツ・ソックスなどと細分化され始めている。

そのため、多種多様なソックスを各メーカーが企画・設計・生産しているが、ソックスの性能評価については、引っ張り強・伸度を測定しているにすぎない。

しかし、消費者はソックスの耐久性だけでなく蒸れ感、履き心地などの感性を重要視し始めている。なぜならば、ソックスは絶えず消費者の足に

完全密着し締め付けているからである。そのため、百田ら<sup>1,2)</sup>は液圧平衡方式を用いて紳士用ソックスおよび女子用ハイソックスの衣服圧を測定し、衣服圧と「履き心地」官能量との関係を考察している。このように、ソックスの履き心地を客観的に評価した研究は少なく、いまだその評価法が確立されていないのが現状である。

そこで、本研究ではスポーツソックスの「履き心地」を被験者に官能評価させ、「履き心地」を構成する形容語を因子分析を用いて抽出した。さらに、下肢モデルとスポーツソックス間の締め付け強度をゴム光ファイバーを用いて客観的に測定する手法を提案した。そして、この手法で測定した締め付け強度と「履き心地」官能量との相関関係を考察した。

## 1. 試料および実験方法

### 1.1 試料

実験に用いたソックスは、スポーツソックス6種類で、春夏用ソックス3種類 ( $S_1, S_2, S_3$ )、秋冬用ソックス3種類 ( $S_4, S_5, S_6$ ) である。各スポーツソックスの詳細は、表1に示す。

6種類のスポーツソックスは平編で、そのサイズは約25cmである。春夏用ソックスの素材はすべて綿糸とウーリーナイロン糸、秋冬用ソックス3種類はそれぞれ、ポリエステル/ウール混紡糸とナイロン糸、ウール糸とFTY、ウール糸とウーリーナイロン糸である。

### 1.2 履き心地に関する官能検査

表1に示す6種類のスポーツソックスより、2種類ずつ組み合わせた15対のソックスをランダムに選択し、それぞれを被験者15名に提示した。そして、アイマスクを装着した被験者は椅子に着座した状態で、両足にそれぞれ異なるスポーツソ

表1 Details of sizes and designs of men's socks (S<sub>1</sub> ~ S<sub>6</sub>)

		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
1.Length of the top(cm)		5.8	5.8	5.4	4.8	5.5	5.5
2.Length of the leg (cm)		20.6	21.0	21.3	22.5	21.9	21.1
3.Foot length(cm)		25.0	25.2	24.9	25.5	25.1	25.9
4.Top girth(cm)		6.8	6.8	6.8	6.7	6.9	6.9
5.Size		25	25	25	25	25-27	25
6.Stitch		Plain	Plain	Plain	Plain	Plain	Plain
7.Material and Yarn count	Top	C 55/2 Nec WN 50/2 d	C 40/2 Nec	C 40/2 Nec	TW 52 d N 50/2 d	W 32 Nm FTY 75.7 d	W 40 Nm WN 70/2 d
	Foot	C 55/2 Nec WN 50/2 d	WN 50/2 d	WN 50/2 d	TW 52 d N 50/2 d	W 32 Nm FTY 75.7 d	W 40 Nm WN 70/2 d

C : Cotton, W : Wool, TW : Polyester/Wool, WN : Textured Nylon, N : Nylon, FTY : Fully Textured Yarn, Nec : Cotton count, Nm : Metric count , d : denier, /2 : Two ply yarns

ックスを履き、触覚だけで「履き心地」に関連する形容語について一対比較法<sup>3)</sup>で評価を行った。

官能検査に用いた形容語は、「圧迫感のある(つま先)」、「圧迫感のある(かかと)」、「圧迫感のある(口ゴム)」、「肌触りのよい」、「蒸れ感のある」、「全体にフィット感のある」、の6種類である。

たとえば、被験者は一対のスポーツソックス(A, B)を履いて、形容語「圧迫感のある(つま先)」を評価する場合

- AはBより非常に圧迫感のある +2点
- AはBよりやや圧迫感のある +1点
- AとBは差がない 0点
- BはAよりやや圧迫感のある -1点
- BはAより非常に圧迫感のある -2点

の5段階で評価を行った。

被験者は、一巡三角形の数<sup>3)</sup>による検定の結果、判別能力有り判定された足長(25 ± 0.5cm)の成人男子15名である。

官能検査は室温20℃、湿度60%RH下で行い、測定時間は制約しなかった。しかし、被験者は平均90秒で一対の試料の官能評価を行った。

### 1. 3 ゴム光ファイバーによるソックスの締め付け強度測定法

ゴム光ファイバー(OS101, プリヂストン(株))は、図1(a)に示すようにコア、クラッドおよびジャケットの3層から構成されている。

コア部の直径は1.7mm、クラッド部の直径は2.5mm、ゴム光ファイバー全体の直径は3.0mmである。

コアおよびクラッドの素材はシリコンゴムで、コアの屈折率が1.51、クラッドの屈折率が1.41とわずかに異なるステップ・インデックス型光ファイバーである。ジャケットの素材はフッ素系ゴムで、外乱光の除去、耐久性の向上を目的としている。

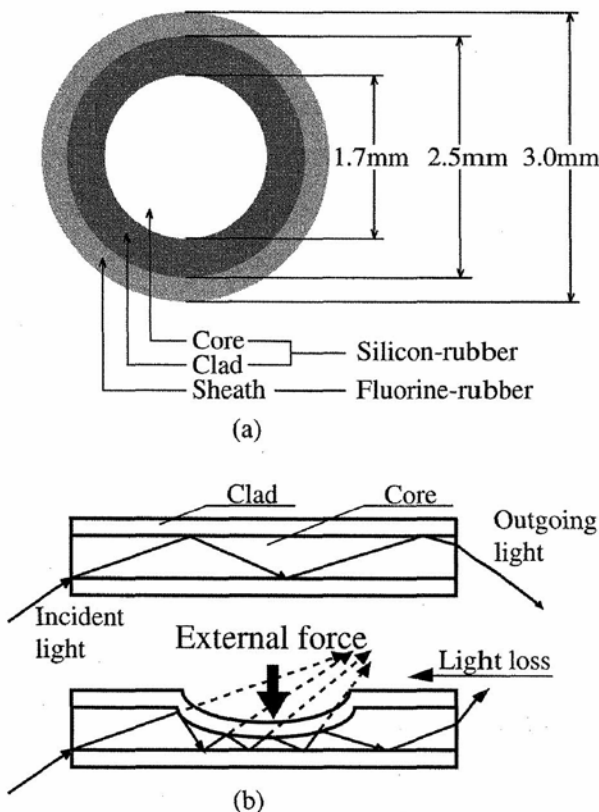


図1 Structure of elastic optical fiber : (a)cross section, (b)longitudinal section.

ゴム光ファイバーはオールゴム製であるため、非常に柔軟で、伸張性、屈曲性、衝突吸収性、耐久性、耐熱性に優れている。また、光を信号としているので、無誘導性に優れ、かつ漏電などの危険性がないため、生体計測分野での使用にも安全である。

ゴム光ファイバーは、図1 (b) に示すように、コアとクラッドの屈折率の違いにより、コアの一端に入射した光は、コアとクラッドの境界面を全反射しながらコア内を伝搬したのち、他端より光が出射する。

しかし、光ファイバーに外力が加わると、光ファイバーが変形し、コアとクラッドの境界面における全反射条件が崩れる。その結果、コアに入射した光量に対して出射光量が減少するので、この減少した光量を測定することにより外力を測定することができる。

ゴム光ファイバーに加えられた外力に対して光ファイバーの一端より出力する光強度を測定する方法を図2に示す。

図2に示すように、ゴム光ファイバーの一端に波長660nmのLED光源を入射し、ゴム光ファイバー上の正方形圧縮板(大きさ1×1cm)に外力(0~1000gf/cm)を印加すると、外力に応じて出射光量が変化する。出射光量はフォトトランジスタで受光し、光/電圧変換したのち、増幅し出力電圧値として測定する。

図3は、ゴム光ファイバーに印加された外力に対する出力電圧の関係を示す。なお、外力の印加方法は、加重(0~1000gf/cm)と除重

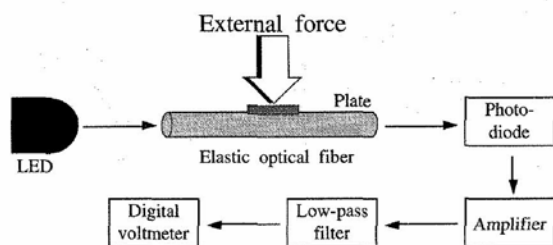


図2 Performance evaluation method of elastic optical fiber

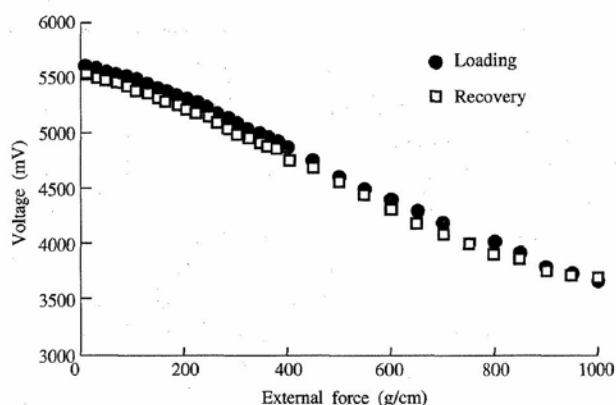


図3 Relation between the external force and voltage measured by elastic optical fiber

(1000gf/cm~0)であり、室温20℃、湿度60%RH下で行った。測定は、各外力ごとに4回行い、それぞれ平均値を求めた。

図3より、加重、除重過程における出力電圧(y)と外力(x)の関係はそれぞれ

$$y = -2.05x + 5686.54 \quad (1)$$

$$y = -1.98x + 5576.13 \quad (2)$$

で表わされる。

回帰式(1),(2)は分散分析の結果、危険率1%で有意であり、相関係数は-0.99であった。

図4は、人体下腿部を模擬したアクリル円筒の周囲にスポーツソックスの口ゴムを装着し、その締め付け強度を測定する方法を示す。

図4に示すように、アクリル円筒(直径8.5cm;この直径は被験者15名の下腿部で口ゴムが接触する部位の周囲長の平均値に等しい)にスポーツソックスの口ゴムを装着し、アクリル円筒と口ゴム間にゴム光ファイバーを、ゴム光ファイバーと口ゴム間に大きさ1cm×1cmの圧縮板を設置した。ゴム光ファイバーに入射したLED光(波長660nm)は口ゴムの締め付け強度に応じて他端より出射する光量は変化する。そして、この出射光量はフォトダイオードで受光し、光/電圧変換し、締め付け強度(出力電圧)として測定した。

6種類のスポーツソックスの口ゴムをそれぞれ

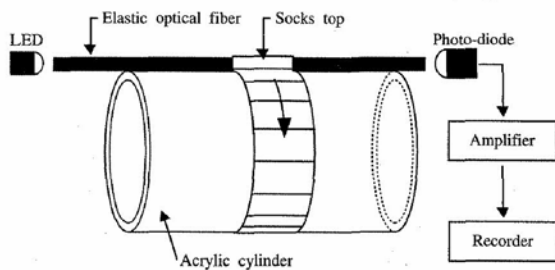


図4 Experimental system of clothing pressure at the top of socks.

5枚ずつ用意し、口ゴム1枚につき4ヶ所ずつ締め付け強度を測定した。測定時間は90秒であり、この時間は被験者15名の官能評価時間の平均値に等しい。

## 2. 実験結果および考察

### 2.1 官能検査結果

シェッフエの変形-芳賀の変法<sup>3)</sup>を用いて、各形容語について6種類のスポーツソックスの平均嗜好度を算出し、その結果を表2に示す。

各形容語について、平均嗜好度の主効果、組み合わせ効果を検定した結果、いずれの形容語についても主効果について1%有意であり、各試料間で嗜好度の差が認められた。また、組み合わせ効果については1%で有意差がなく、試料の組み合わせによる影響はみられなかった。

表2より、スポーツソックスS<sub>1</sub>は(つま先、

かかと、口ゴム)部で最も圧迫感があり、最も肌触りが悪く、蒸れ感があるが、最もフィット感があると判定された。また、春夏用ソックス(S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>)は秋冬用(S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub>)と比較して圧迫感および蒸れ感があり、肌触りが悪いと判定する傾向がみられた。

各形容語間の関係を明らかにするために、各形容語の平均嗜好度について因子分析法<sup>4)</sup>を適用して検討した。まず、各形容語間の相関係数を求め、その結果を表3に示す。

表3より、形容語「圧迫感のある(口ゴム)」は、「肌触りのよい」と負の相関、「蒸れ感のある」と正の相関がみられる。したがって、「肌触りのよい」と「蒸れ感のある」は負の相関になる。すなわち、口ゴムに圧迫感を感じるスポーツソックスは、肌触りが悪く、蒸れも感じるといえる。

よって、スポーツソックスの口ゴム部の圧迫感を測定することによって、肌触りの良さや、蒸れ感を予測することが可能となる。

つぎに、表2に示す各平均嗜好度について相関係数行列を基に主因子解法により因子付加量を求めたのち、バリマックス法<sup>4)</sup>で因子軸を回転して得た因子付加量を表4に示す。ここで、バリマックス回転とは、因子付加量の2乗の分散を大きくすることによって、各因子に対する付加量を0

表2 Mean preference values of six men's socks in each sensory adjective

Adjective	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>
1.Tight at the toe	-0.500	-0.400	-0.267	0.533	0.222	0.411
2.Tight at the heel	-0.656	-0.333	-0.333	0.600	0.267	0.444
3.Tight at the top	-0.789	-0.089	-0.078	0.056	0.533	0.367
4.Comfortable	0.322	0.122	0.289	-0.044	-0.356	-0.333
5.Stuffy inside socks	-0.511	-0.167	-0.267	0.300	0.244	0.400
6.Fit	-0.233	-0.233	0.289	0.178	0.089	-0.089

表3 Correlation coefficients among sensory values of each adjective

Adjective	Tight at the toe	Tight at the heel	Tight at the top	Comfortable	Stuffy inside	Fit
Tight at the toe	-	0.991	0.735	-0.799	0.951	0.434
Tight at the heel		-	0.784	-0.820	0.974	0.414
Tight at the top			-	-0.880	0.870	0.411
Comfortable				-	-0.911	-0.093
Stuffy inside socks					-	0.301
Fit						-

表4 Factor matrices rotated by the Varimax method

	Factor A	Factor B	Factor C
1.Tight at the toe	0.896	0.341	0.336
2.Tight at the heel	0.853	0.312	0.411
3.Tight at the top	0.360	0.366	0.883
4.Comfortable	-0.611	0.107	-0.811
5.Stuffy inside socks	0.809	0.150	0.574
6.Fit	0.170	0.744	0.087
Proportion of total variance (%)	46.6	16.1	35.3
Cumulative percentage (%)	46.6	62.7	98.0

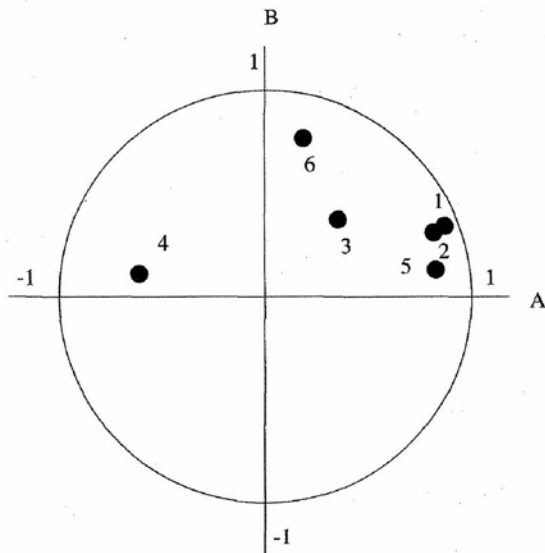


図5 Relation between factor A and factor B : 1-tight feeling at the toe, 2-tight feeling at the heel, 3-tight feeling at the top, 4-comfortable feeling, 5-stuffy feeling inside, 6-fit feeling

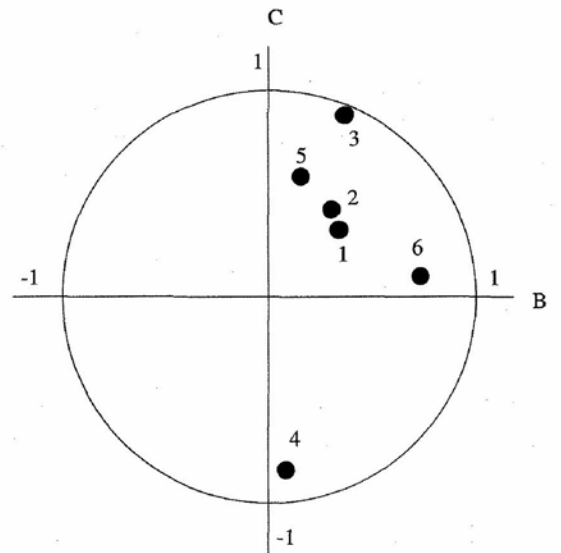


図7 Relation between factor B and factor C

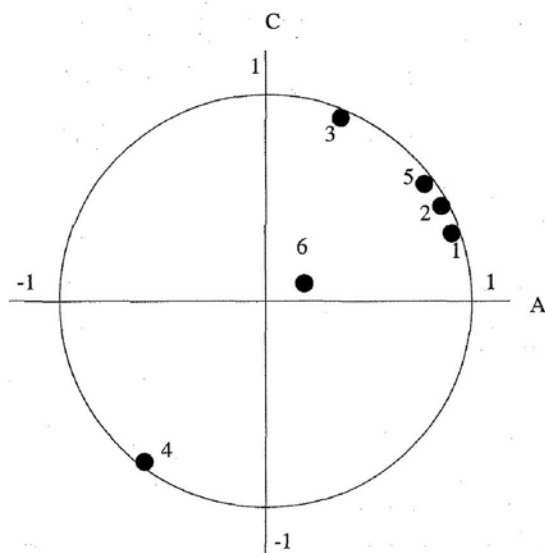


図6 Relation between factor A and factor C

に近い値と絶対値の大きい値に大別し、因子解釈を容易にしようとする方法であり、これにより各因子の意味が強調される。

なお、共通因子の抽出を第3因子までで打ち切ったのは、表4に示されるように第3因子までの寄与率が98%となったからである。

表4において、因子付加量の大きさより、第1因子(A)は「足部の圧迫感や蒸れ感」、第2因子(B)は「全体的な圧迫感」、第3因子(C)は「口ゴムの圧迫感や肌触り」を表している。

表4における因子Aと因子B、因子Aと因子C、因子Bと因子Cの関係を図示した結果を図5、図6、図7に示す。

図5、6、7より、「つま先の圧迫感」、「かかとの圧迫感」、「蒸れ感」は相互に関連していることを示している。すなわち、「蒸れ感」は「つま先やかかとの圧迫感」と正の相関がある。また、「肌触りの良さ」は「蒸れ感」、「口ゴムの圧迫感」と負の相関がみられる。

よって、スポーツソックスの「肌触り」は「口

ゴムの圧迫感」が減少するにつれて良くなり、「蒸れ感」は「つま先、かかとの圧迫感」が増加するにつれて大きくなることが分かった。

## 2. 2 ロゴム部の締め付け強度と官能量との関係

各形容語の平均嗜好度と図4に示す方法で測定した各スポーツソックス・ロゴムの締め付け強度間の相関係数を表5に示す。

表5 Correlation coefficients between each sensory value and the clothing pressure at the top

	Correlation coefficient
1.Tight at the toe	-0.033
2.Tight at the heel	0.032
3.Tight at the top	0.634
4.Comfortable	-0.613
5.Stuffy inside socks	0.185
6.Fit	0.189

表5より、スポーツソックス・ロゴムの締め付け強度は、「ロゴムの圧迫感」と正の相関、「肌触りの良さ」とは負の相関がみられる。

よって、ロゴム部の締め付け強度が小さくなると、ロゴム部の圧迫感を感じなくなるが、肌触りはよくなるという結果が得られた。

## 3. 結 言

スポーツソックスの「履き心地」を被験者に官能評価させ、「履き心地」を構成する形容語を因子分析により抽出した。さらに、被験者が評価し

た「履き心地」官能量と、ゴム光ファイバーを用いて測定した下肢モデルとロゴム間の締め付け強度との相関関係を考察した。その結果は次のとおりである。

(1) 被験者が官能評価した「履き心地」に関連する形容語について因子分析を行った結果、「足部の圧迫感や蒸れ感」、「フィット感」、「ロゴムの圧迫感や肌触り」の3因子が抽出された。

(2) ゴム光ファイバーを用いて測定した下肢モデルとスポーツソックス・ロゴム間の締め付け強度と、被験者が評価した「ロゴムの圧迫感」間には正の相関、「肌触りの良さ」間には負の相関がみられた。すなわち、ロゴムの締め付け強度が小さくなると、ロゴムの圧迫感を感じなくなるが、肌触りはよくなるという結果が得られた。

## 文 献

- 1) 百田祐子, 間壁治子, 三野たまき, 上田一夫; 紳士用ソックスの衣服圧について, 織消誌, 34, 175 (1993)
- 2) 百田祐子, 間壁治子, 三野たまき, 上田一夫; 成人女子用ハイソックスの衣服圧について, 織消誌, 34, 603 (1993)
- 3) 日科技連委員会; 官能検査ハンドブック, 日科技連出版社
- 4) 奥野忠一, 久米均, 芳賀敏郎, 吉澤正; 多変量解析法, 日科技連出版社