

## 靴下による足の冷え、むくみの軽減効果の検討（第一報）

仲井 菜都希<sup>\*1)</sup>, 山崎 陽平<sup>\*1)</sup>, 辻坂 敏之<sup>\*1)</sup>Study of the Effects of Socks on Reducing Cold-and-Swelling of Feet (1<sup>st</sup> Report)NAKAI Natsuki<sup>\*1)</sup>, YAMAZAKI Yohei<sup>\*1)</sup>, TSUJISAKA Toshiyuki<sup>\*1)</sup>

靴下の素材が足および脚部の冷えやむくみに与える影響について、物理特性の測定および官能評価試験を行って検討した。

素材が異なる 8 種類の靴下を試作し、生地保温率、熱伝導率、通気性、厚み、および着用した際の衣服圧を測定した。また、男女 20 人を被験者として試作品を着用した際の履き心地を評価する官能評価試験を行い、素材の違いが履き心地に与える影響を調査した。

試験の結果、冷えに関する項目では、アクリルとポリエステル保温率が高い結果となり、官能評価では紡毛の評価が高かった。物理特性、官能評価ともにむくみに関する項目では素材による差は見られなかった。また、官能評価試験でアクリルの履き心地が最も良い事が分かった。

## 1. 緒言

冷え性やむくみは更年期以降の女性に多い症状として知られているが、若年女性や男性にもこれらの症状に悩まされる人は多いと考えられる<sup>1)2)</sup>。令和 4 年度国民生活基礎調査では、「手足の冷え」の有訴者率は 24.1%、「足のむくみやだるさ」の有訴者率は 31.2%となっている。靴下は末梢部に装着する衣類として足の保温や血流改善機能を加えることで、冷えあるいはむくみを軽減する効果が期待される。

本研究では、足、あるいは脚部に対する靴下の着圧の違

い、および編成する素材の違いが足の冷えやむくみにどう影響を与えるか数値で比較することを目的とした。

## 2. 試料および実験方法

## 2.1 試料

試料ソックスの素材はウール（紡毛）、ウール（梳毛）、アクリル、綿、絹糸系、絹紡系、ポリエステル、ウール和紙の 8 種類を作成した。本研究で用いた 8 種類の試料ソックスの詳細を表 1 に、写真を図 1 に示す。

表 1 試料ソックス

試料番号	素材	番手	単・双糸	引揃	糸総量(d)	
1	ウール（紡毛）	70 %	1/25（ウール）	1	360	
	ナイロン	25 %				
	カシミア	5 %				
2	ウール（梳毛）	100 %	1/48（ウール）	2	1	375
3	アクリル	100 %	1/52	1	2	346
4	綿	100 %	30/1（綿）	1	2	354
5	絹（糸系）	100 %	1/50（絹）	1	2	360
6	絹（紡系）	100 %	1/60（絹）	2	1	312
7	ポリエステル	100 %	150 d	1	2	375
8	ウール	100 %	1/48	2	1	375
	和紙	100 %	1/48			

\*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）



図 1 試料ソックス

## 2.2 実験方法

### (1) 物理特性試験

#### ① 保温率の測定

サーモラボ 2 型 (カトーテック (株) 社製) を用いて, 保温性を測定した. 一定温度 (室温 + 10 °C) に設定した熱源板上に試料をセットし, 空気と接触させ, 試料表面に一定速度の風 (風速 10 cm/sec) を吹き付けた状態で熱源の温度が安定するまで静置した. この時, 試料を介した放散熱量を測定し, 保温率を式 1 により算出した. 試料 1 種類につき, 5 回行い, その平均値を求めた.

$$\text{保温率 (\%)} = \frac{1-W}{W_0} \times 100 \dots \text{式 1}$$

W : 試料をセットした時の放散熱量 [W]

W<sub>0</sub> : 試料をセットしなかった時の放散熱量 [W]

#### ② 熱伝導率の測定

サーモラボ 2 型 (カトーテック (株) 社製) を用いて, 測定を行った. 一定温度 (20 °C) に設定した WaterBox の上に試料をセットし, さらにその上に熱源板を載せ, 熱源板の温度が 30 °C に安定するまで静置した. この時の熱損失速度を測定し, 式 2 により熱伝導率を算出した. なお, WaterBox 及び熱源板の面積は 5 cm × 5 cm で実施した. 各試料について表裏各 5 回測定し, その平均値を求めた.

$$k = \frac{W \times D}{A \times \Delta T_0} \dots \text{式 2}$$

k : 熱伝導率 [W/m · K]

W : 熱損失速度 [W]

D : 試料の厚み [m]

A : 熱源板の面積 (25 × 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>)

ΔT<sub>0</sub> : WaterBox と熱源板の温度差 (10 °C)

#### ③ 通気度の測定

KES-F8-AP1 通気性試験機 (カトーテック (株) 社製)

を用いて測定した. 定流量空気を試料に送り, 大気中へ試料を放出, 吸引する時の通気抵抗 (R) を測定し, 式 3 により, JIS L1096 通気性 A 法 (フラジール形法) に定義される通気度 (Q) を算出した. 各試料 5 回測定し, その平均値を求めた.

$$Q = \frac{12.5}{R} \dots \text{式 3}$$

Q : 通気度 [cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> · s]

R : 通気抵抗 [kPa · s/m]

#### ④ 試料厚さの測定

KES-FB3 圧縮試験機 (カトーテック (株) 社製) を用い, 押圧荷重 0.98 kPa における厚さを測定し, 5 カ所の平均値を算出した.

#### ⑤ 圧迫力の測定

衣服圧測定機 AMI-3037 (エイ・エム・アイ社製) 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足首部分の前後 2 カ所の圧迫力を測定し, 平均値を算出した (図 2).



図 2 圧迫力測定

#### (2) 官能評価試験

被験者が試料ソックスを実際に着用して評価する官能評価試験を行った. 評価方法は SD 法を用いた. 被験者は 20 代 ~ 50 代の男性 12 名, 女性 8 名の計 20 名で, 試料を 5 時間以上着用後に評価を行った.

試料の特性に対して設定した 11 種類の形容語を表 2 に示す. 各形容語に対し「非常にあてはまる, あてはまる, ややあてはまる, どちらでもない (-3 点, -2 点, -1 点, 0 点, 1 点, 2 点, 3 点)」の 7 段階で評価を行った.

表 2 官能評価試験項目

試料特性	形容語
保温性	足首が温かい - 冷たい
	指先が温かい - 冷たい
むくみ	厚い - 薄い
	フィット性の良い - 悪い
	かたい - やわらかい
総合評価	圧迫感のある - ない
	重い - 軽い
総合評価	足首が曲げやすい - 曲げにくい
	肌触りの良い - 悪い
総合評価	伸びる - 伸びない
	好き - 嫌い

表 3 物理特性試験結果

試料	保温率 [%]	熱伝導率 (表) [W/m·K]	熱伝導率 (裏) [W/m·K]	通気量 [cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ·s]	厚み [mm]	圧迫力 [hPa]
紡毛	16.8	0.0374	0.0370	43.5	1.79	16.7
梳毛	10.3	0.0620	0.0618	79.0	2.31	20.0
アクリル	24.5	0.0716	0.0712	63.9	2.22	17.9
綿	0.9	0.0856	0.0840	47.1	2.02	15.0
絹糸糸	10.3	0.0644	0.0634	31.4	2.07	18.8
絹紡糸	6.1	0.0692	0.0692	48.8	1.82	16.1
ポリエステル	22.5	0.0596	0.0588	65.0	1.79	21.7
ウール和紙	7.3	0.0634	0.0628	94.3	1.83	18.6

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 物理特性試験結果

各試料の物理特性試験結果を表 3 に示す。

##### (1) 保温率

各試料の保温率の測定結果を図 3 に示す。保温率はアクリル、ポリエステルが高く、綿が低かった。Tukey 法による差の検定では有意水準 5 % で差があった試料の組み合わせは 15 組であり、紡毛、梳毛、絹糸糸、絹紡糸、ウール和紙は差が出にくい結果となった。

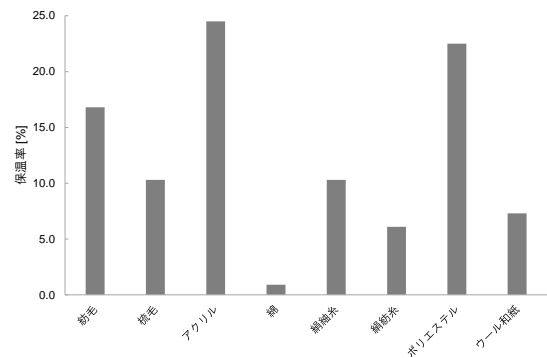


図 3 保温率測定結果

##### (2) 熱伝導率

各試料の熱伝導率の測定結果を図 4 に示す。熱伝導率は綿が大きく、紡毛が小さかった。Tukey 法による差の検定では有意水準 5 % で差があった試料の組み合わせは 23 組であった。また、表と裏では差はなかった。

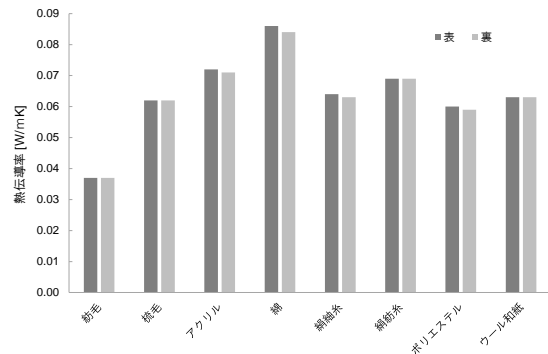


図 4 熱伝導率測定結果

##### (3) 通気度

各試料の通気度の測定結果を図 5 に示す。通気度はウール和紙が高く、絹糸糸が低かった。Tukey 法による差の検定では有意水準 5 % で差があった試料の組み合わせは 25 組であった。

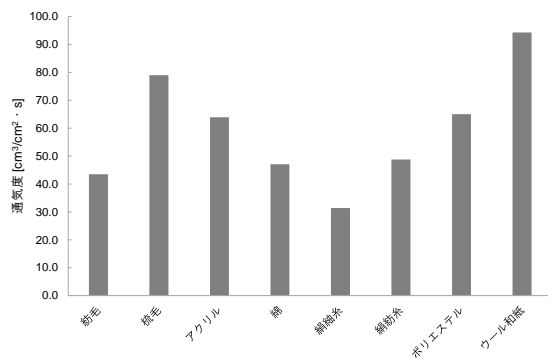


図 5 通気度測定結果

##### (4) 厚み

各試料の厚みの測定結果を図 6 に示す。厚みは梳毛が最も厚く、紡毛とポリエステルが薄かった。Tukey 法による差の検定では有意水準 5 % で差があった試料の組み合わせは 8 組で、試料間の差がでにくい結果となった。

##### (5) 圧迫力

各試料の足首部分の圧迫力の測定結果を図 7 に示す。ポリエステルと梳毛がやや高かったが、各試料間で圧迫力の大きな差は見られなかった。圧迫力には素材の違いは影響しないと考えられる。

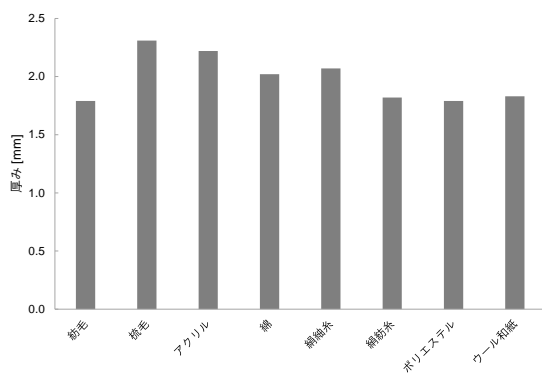


図 6 厚み測定結果

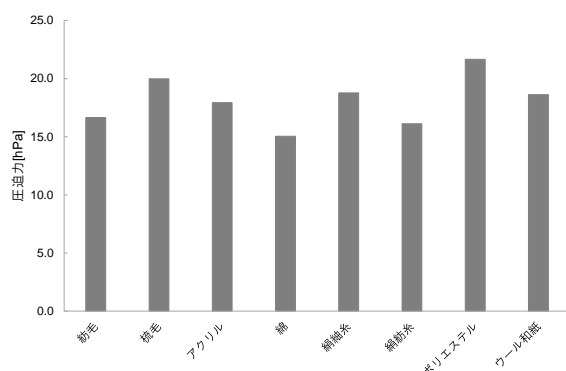


図 7 圧迫力測定結果

綿は通気度が他と比べて中間程度であるにも関わらず、保温率がかなり低かった。綿は熱伝導率も最も高かったことから、保温率が低いのは編組織の影響よりも綿素材自体の特性が大きく影響していると考えられる。

ウール和紙は保温率が低く、通気度が高いため、足の冷え軽減用の靴下には不利であると考えられる。

### 3.2 官能評価試験結果

各試料について被験者 20 名が評価した結果(平均嗜好度)を表 4 に、また、平均嗜好度をプロットした SD プロフィールを図 8 に示す。

保温性に関する項目の評点は紡毛, 梳毛, 絹糸糸が高く、むくみに関する項目の評点は梳毛, アクリル, 絹紡糸, 綿が高かった。

さらに、各形容語の平均嗜好度を標準化して共分散行列を算出し、主成分分析を行った。これにより得られた主成分負荷量, 固有値, 寄与率, 累積寄与率を表 5 に示す。表 5 から、第一主成分はフィット性, かたさ, 重さ, 足首の曲げやすさ, 肌触り, 伸び, 好みの 7 項目, 第二主成分は足首及びつま先の保温性, 厚さの 3 項目, 第三主成分は圧迫感の 1 項目を表す成分である事が分かる。各主成分があらわす内容を、第一主成分は履き心地, 第二主成分は温かさ, 第三主成分は圧迫感とした。

平均嗜好度と主成分負荷量から算出した各試料の主成分得点を表 6 に、履き心地を横軸に、温かさを縦軸に取り、各試料の主成分得点をプロットした散布図を図 9 に示す。図 9 から、履き心地はアクリルが最も良い印象、温かさは紡毛が最も温かい印象を与えていることが分かる。今回の試験では履き心地が良く温かい素材はなく、逆に履き心地が悪く冷たいと評価された素材はウール和紙であった。

表 4 各試料の平均嗜好度

試料	保温性			むくみ					総合評価		
	保温性 (足首)	保温性 (つま先)	厚さ	フィット性	かたさ	圧迫感	重さ	足首の曲げやすさ	肌触り	伸び	好み
紡毛	0.8	0.7	0.3	0.3	0.0	-0.3	0.6	0.7	-0.3	0.1	-0.2
梳毛	0.6	0.4	-0.8	1.5	1.5	-0.8	1.4	1.1	1.5	0.8	1.1
アクリル	0.4	0.1	-1.1	1.5	1.7	-0.2	1.2	1.4	1.6	1.3	1.0
綿	0.2	0.2	-1.0	1.3	1.1	-0.2	1.1	1.2	1.2	1.1	0.9
絹糸糸	0.4	0.4	-0.5	0.4	-0.2	-0.6	0.7	0.4	0.1	0.0	-0.1
絹紡糸	-0.4	-0.5	-1.9	1.3	1.4	-0.2	1.6	1.3	1.6	1.2	0.7
ポリエステル	-0.3	-0.5	-0.7	0.5	-0.6	0.4	1.1	0.7	-0.2	-0.3	-0.8
ウール和紙	-1.0	-1.0	-1.1	-0.8	-1.3	-0.7	1.1	0.3	-1.2	-0.1	-0.8

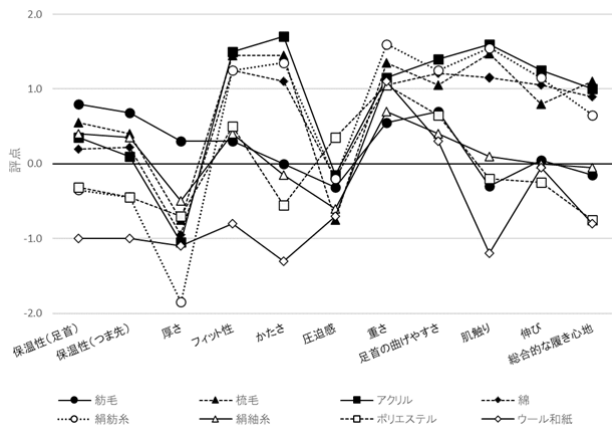


図 8 官能評価のSDプロフィール

表 5 主成分負荷量, 固有値, 寄与率, 累積寄与率

	第一主成分	第二主成分	第三主成分
保温性(足首)	0	0.36	0
保温性(つま先)	0	0.41	0
厚さ	0	0.53	0
フィット性	0.38	0	0
かたさ	0.44	0	0
圧迫感	0	0	0.32
重さ	0.49	0	0
足首の曲げやすさ	0.44	0	0
肌触り	0.46	0	0
伸び	0.51	0	0
好み	0.43	0	0
固有値	1.42	0.58	0.10
寄与率(%)	67.6	27.4	4.96
累積寄与率(%)	67.6	95.0	100

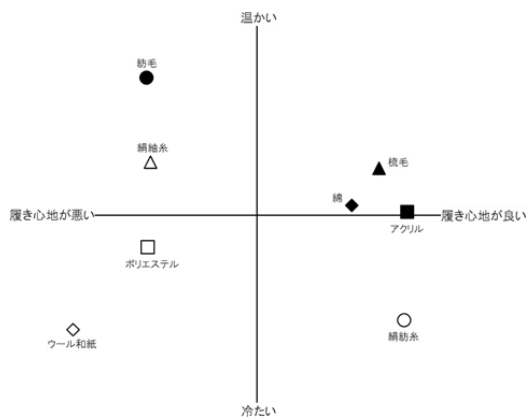


図 9 主成分得点の散布図

表 6 各試料の主成分得点

試料	履き心地 (第一主成分)	温かさ (第二主成分)	圧迫感 (第三主成分)
紡毛	-2.03	2.72	0.01
梳毛	2.23	0.92	-1.27
アクリル	2.74	0.07	0.50
綿	1.73	0.20	0.36
絹糸	-1.96	1.05	-0.83
絹紡糸	2.69	-2.07	0.36
ポリエステル	-2.01	-0.62	1.98
ウール和紙	-3.38	-2.26	-1.12

### 3.3 物理特性測定結果と官能評価試験結果の相関

物理特性測定結果と官能評価試験結果の主成分得点との相関係数(R2値)を表7に示す。一般的に相関係数は0.8以上で非常に強い相関, 0.5~0.8でやや強い相関, 0.3~0.5で弱い相関があると言われている<sup>3)</sup>。表7から, 熱伝導率(裏表平均)と履き心地, 厚みと履き心地の間にそれぞれ弱い相関がある事が分かった。

表 7 物理特性と官能評価の相関係数

	履き心地	温かさ	圧迫感
保温率	0.012	0.067	0.237
熱伝導率*	0.304	0.239	0.005
通気量	0.009	0.242	0.055
厚み	0.332	0.085	0.166
衣服圧	0.135	0.003	0.010

\*熱伝導率は裏表の平均値を使用

## 4. 結言

物理特性測定の結果, 保温率はアクリル, 熱伝導率は綿, 通気量はウール和紙, 厚みは梳毛, 衣服圧はポリエステルが最も高い値を示し, 素材ごとの特性の違いを表す結果となった。

官能評価試験では紡毛が最も温かく, アクリルが履き心地が最も良いと評価された。ウール和紙は履き心地, 温かさともに低い評価となり, 足の冷えを予防することを目的とした靴下に使用する素材としては適さないと考えられる。

また, 熱伝導率(裏表平均)と履き心地, 厚みと履き心地の間にそれぞれ弱い相関がある事が分かった。

## 謝辞

本研究は吉谷靴下株式会社との共同研究で実施したものです。研究の実施にあたり試料ソックスの提供および官能評価試験にご協力いただいた同社に対し深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 近藤正彦, 岡村靖, 冷え性の病態に関する統計学的考察, 日本産科婦人科学会雑誌, Vol.39, No.11, p.2000-2004, 1987
- 2) 桑原有衣子, 半藤保, 池田かよ子, 若年男女の「冷え症」について, 新潟青陵学会誌, Vol.4, No.3, p.65-69, 2012
- 3) 菅民郎, アンケートデータの分析, p.65, (株)現代数学社, 2004, 新版第3冊