

## 足部の皮膚性状における部位差と季節差

### —夏用靴下設計のために—

玉石 七海<sup>1</sup>、坂下 理穂<sup>2</sup>、諸岡 晴美<sup>3</sup>

Regional and seasonal differences in foot skin properties for designing summer socks

Nanami Tamaishi, Riho Sakashita, Harumi Morooka

We aimed to clarify the water content of the stratum corneum ( $M$ ) and transepidermal water loss ( $TEWL$ ) in distinct areas of the lower leg and foot to provide insights into the development of summer socks. The participants included thirty women in their 20s with standard proportions. The  $M$  value was higher in the big toe than the values in other measurement parts on the plantar aspect of the foot by roughly twofold. The  $TEWL$  value on the sole exceeded that of the instep and the lower leg. Additionally, the  $TEWL$  values in the anterior (proximate to the big toe) and posterior (heel) regions of the sole of foot surpassed those in the midfoot. Our findings did not concur with that from prior reports on seasonal differences. Notably,  $M$  values tended to be higher in winter than in summer in many measurement points, likely owing to the heightened emphasis on moisturizing care in recent years. Furthermore, a personalized data analysis revealed a positive correlation between water content and transpiration in many parts.

### 1. 緒 言

身体の中でも足底部は不感蒸散の大きい部位であることが知られている<sup>1)</sup>。靴下は、靴との摩擦から足部を守るため、一年を通して利用されており、しばしば蒸れが問題となる場合がある。蒸れの少ない夏用靴下設計のためには、足各部の皮表角層水分量および経表皮水分蒸散量を把握するとともに、それらの季節差を把握することが重要であると考えられる。

筆者らは、夏用靴下の設計指針を導出することを目的として、人の不感蒸散をシミュレーションした熱・水分移動特性の物理実験から、重回帰分析を用いて、それらに影響を及ぼす靴下素材および編構造を明らかにしてきた<sup>2)</sup>。その結果、メッ

シュ編を採用し、親水性繊維の混率を高めた薄地の靴下が有用であることがわかった。この研究成果を検証するためには、着用実験を行い靴下内の温湿度を測定する必要がある。

先行研究においては、身体各部位における皮膚性状について、顔面、体幹部、下腿部など22か所の夏冬の相違を詳細に報告したものがみられる<sup>3,4)</sup>。また、高齢者への薬投与による皮表角層水分量への影響を前腕内側で検討した研究<sup>5)</sup>、加工布が向寒期の皮膚性状に及ぼす影響について上腕部を用いて検討したもの<sup>6,7)</sup>などがみられる。しかしながら、足部についての詳細なデータはみられない。

本研究では、温熱的快適性をもつ夏用靴下のための着用実験に際して、足各部の皮膚性状として、皮表角層水分量および経表皮水分蒸散量を明らかにするとともに、夏冬の季節差を把握することを

<sup>1</sup> 本学大学院

<sup>2</sup> 本学大学院研修者

<sup>3</sup> 本学教授

目的とする。

## 2. 実験方法

足部の皮膚性状として、皮表角層水分量（以降、水分量  $M$ ）および経表皮水分蒸散量（以降、蒸散量  $TEWL$ ）の測定を行った。被験者を20歳代女性30人とし、夏季（2022年7月）と冬季（2022年12月～2023年1月）の期間で測定を行った。被験者の体型は、身長  $158.0 \pm 5.16\text{cm}$ 、体重  $51.6 \pm 6.4\text{kg}$ 、BMI  $20.6 \pm 1.8$  であり、2014-2016年の日本人の25歳以下のグループ（約320人）の人体計測データ（身長  $158.0 \pm 5.22\text{cm}$ 、体重  $50.8 \pm 6.6\text{kg}$ ）<sup>8)</sup> と比較すると、かなり近似しており、本研究で用いた被験者の体型は、日本人同世代女性のほぼ平均的な範囲であった。

被験者は  $25^\circ\text{C}$  50%RH に設定した人工気象室に入室後、素足の状態で、椅座位安静状態で15分間待機した後に測定を行った。なお、被験者には、普段のままで実験に臨んでもらうようにし、保湿剤によるケアの有無は自由とした。

測定部位を図1に示す。右足にて、足背1点、足底部として踵、土踏まず、腓側中足点、第2・3中足骨頭底部、第1・2趾間、母趾の6点に加えて、比較のため下腿最大部および下腿最小部（足首）の前面・後面の計11か所とした。

皮膚性状の測定は、Cutometer MPA 580（Courage+Khazaka electronic GMBH 社製）を用いた。水分量は、プローブの先端にある電極が皮膚に電解を発生させ静電容量を計測することに

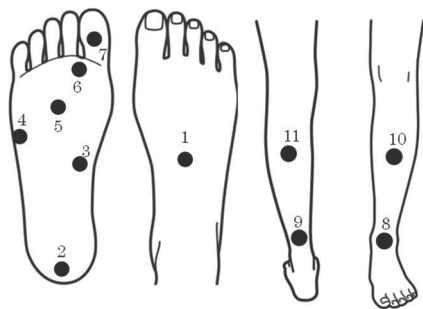


図1 皮膚性状の測定箇所

- 1: 足背 2: 踵 3: 土踏まず 4: 腓側中足点  
5: 第2・3中足骨頭底部 6: 第1・2趾間  
7: 母趾 8: 下腿最小部（前） 9: 下腿最小部（後）  
10: 下腿最大部（前） 11: 下腿最大部（後）

よって測定するものであり、1か所につき2回測定を行い、その平均値を用いた。蒸散量は、プローブの先端の円筒内部に2組の高感度温度・湿度センサーが配置されており、各センサーを通過する水分の温度差・湿度差から蒸散量を算出する Tewameter TM300 を用い、測定値が安定した5秒間の平均値を算出した。測定時の体位については、医療用簡易ベッド上で、Tewameter のプローブが皮膚面に対して垂直になるように、横臥位および伏臥位とした。

## 3. 結果および考察

### 3-1. 足各部の水分量

足部の水分量  $M$  の部位差および季節差を検討するために、全被験者の平均値と標準誤差を図2に示す。足首部 No.8、9 および下腿部後面 No.11 の  $M$  は夏季よりも冬季でやや低値であるが、足背部 No. 1 および足底部 No.2～ No.7 は冬季で  $M$  が高い傾向がみられた。冬季は気温が低く、空気が乾燥状態にあるため、一般的に  $M$  は夏季よりも低値であることが知られている<sup>3,4)</sup>。しかし、本研究結果ではそのような傾向はみられず、多くの部位で冬季の  $M$  が高い傾向にあったが、11か所の平均値でみると、季節間に有意差はみられなかった。

また、 $M$  の夏季の範囲は  $25\mu\text{s} \sim 45\mu\text{s}$  であるが、冬季の範囲は約  $20\mu\text{s} \sim 55\mu\text{s}$  と部位差が大きく、夏冬ともに No.7 および No.10 は高値であり、No.9 は最も低値であった。

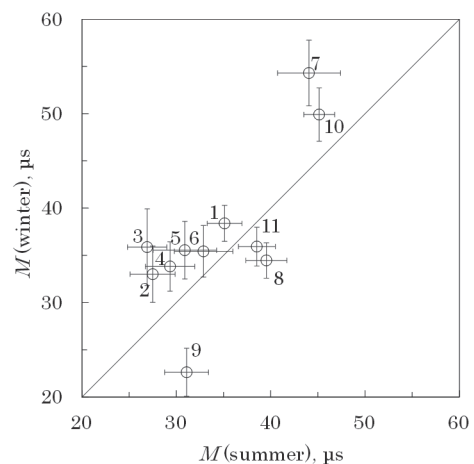


図2 足各部の皮表角層水分量  $M$  の季節差

足底部の中では、母趾 No.7 の  $M$  が高く、踵部 No.2 の約 2 倍の  $M$  を示した。すなわち、足底部であっても、部位による相違が大きいことがわかった。従来、足底をこのように詳細に測定した結果はみられず、靴下設計においては非常に有用な結果であると考えられる。

### 3-2. 足各部の蒸散量

蒸散量  $TEWL$  の結果を図 3 に示す。冬季では夏季よりもやや高値であるが、その差は水分量  $M$  に比べて小さく、季節差はほとんどみられなかった。しかし、部位差は顕著であった。足底前方部 No.5~No.7 および後方部（踵）No.2 の  $TEWL$  は  $40 \text{ gm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  以上であり、最も高値であった。次いで No.3、No.4 の中足部であった。前述のように、足底部は、手掌とともに不感蒸散が高い部位であることが知られているが<sup>1)</sup>、中足部はやや少ないなど足底部の中でも部位差が顕著にみられた。足底部の蒸散量の多さについて、久野は<sup>1)</sup>、手掌や足底においては、単なる角質層を通しての水蒸気の放散ではなく、汗腺からの不断の分泌があるためであり、一般の皮膚と比べものにならないほど多いと述べている。すなわち、靴下内の蒸れは、蒸散量の多さによる起因するものであり、特に、足底前方部で多いことがわかった。

本研究においては、下腿最大部である No.10 および No.11 の  $TEWL$  は、夏冬ともに  $10 \text{ gm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  以下であり、足背部 No.1 および下腿部前面・後面も約  $15 \text{ gm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  と低値であった。これに対して、

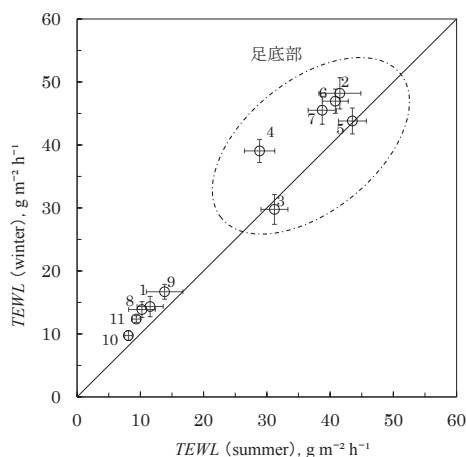


図 3 足各部の経表皮水分蒸散量  $TEWL$  の季節差

足底前方部や踵部では 4~5 倍と多かった。

### 3-3. 水分量と蒸散量との関係

水分量と蒸散量との関係を夏冬の平均値で図 4 に示す。母趾 No.7 は  $M$  および  $TEWL$  ともに高値であり、他の足底部は  $M$  が低い割に  $TEWL$  が高値であり、特に、踵部 No.2 でその傾向が顕著であった。

脂腺の分布密度は頭部>顔>胸背>四肢>手背>足背の順であり、額で約  $400 \text{ 個/cm}^2$  に対して、四肢では約  $50 \text{ 個/cm}^2$  と少なく<sup>9,10)</sup>、手掌や足底部には脂腺が分布していないため<sup>11)</sup>、皮脂が表皮の乾燥を防ぐバリアーとして作用しなかったためと考えられるが、特に、踵部でその傾向が強く、蒸散量が高く、水分量が低かった。なお、足底部においては、 $M$  と  $TEWL$  との相関関係はみられなかった。

しかし、足背や下腿部については、負の有意な相関 ( $r = 0.83^{**}$ ) がみられ、蒸散量が高い部位ほど水分量が低値である傾向がみられた。

そこで、部位ごとに被験者個々の  $M$  と  $TEWL$  との関係を検討した。夏冬のデータを別々に取り扱い、サンプルサイズを 60 とした。結果を表 1 に示す。どの部位においても正の相関を示す結果となり、特に、No.3~No.6 および No.8、No.9 においては有意な正の相関がみられ、水分量が高値な被験者ほど蒸散量が高い傾向がみられた。

吉国らの研究においては<sup>3)</sup>、顔や体幹部、四肢

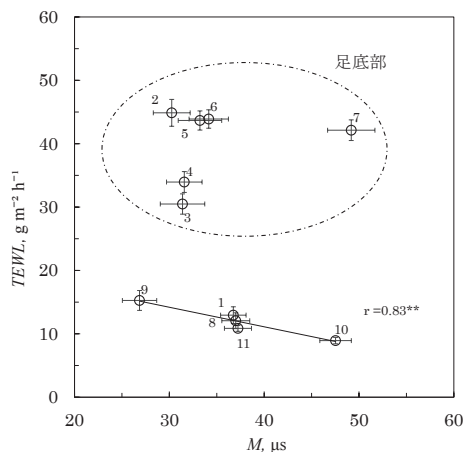


図 4 表皮角層水分量  $M$  と経表皮水分蒸散量  $TEWL$  との関係 (夏季と冬季の平均値)

表1 水分量と蒸散量の相関係数  
(サンプルサイズ= 60)

部位	単相関係数
1	0.24
2	0.18
3	0.41**
4	0.53**
5	0.47**
6	0.28*
7	0.21
8	0.42**
9	0.31*
10	0.09
11	0.09

などの身体各部の  $M$  と  $TEWL$  との関係において正の相関関係がみられたと報告している。本研究では、部位別の関係性においては一致しなかったが、個人データにおいて一致する結果となった。

### 3-4. 保湿ケアによる影響

本研究では、被験者に対して保湿剤によるケアの有無を統一せずに、普段のままで測定に臨んでもらった。そのため、ケア有の者、ケア無の者が約半数ずつみられた。そこで、ケアの有無による違いを検討した  $M$  の結果を図5に示す。

ほとんどすべての部位で保湿ケア有の  $M$  が高値であることがわかり、季節別の平均値でも、夏/冬で示すと、有で  $35.6/37.4\mu\text{s}$ 、無で  $30.3/33.6\mu\text{s}$  であり、ケア有で  $M$  が高い傾向がみられた。本研究において、冬季に皮膚が乾燥側に移行しなかった理由として、乾燥肌の被験者が保湿ケアを行っていたためと推察された。すなわち、

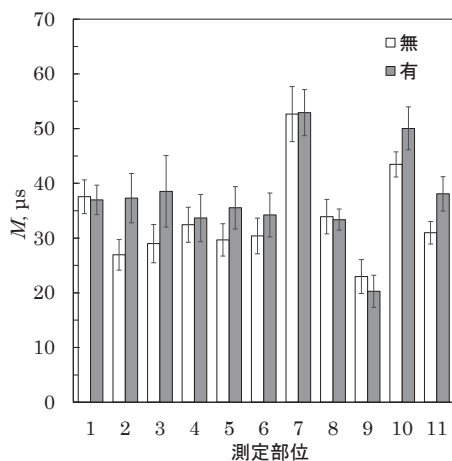


図5 足各部の皮表角層水分量  $M$  における保湿ケアの有無による相違

向寒期に乾燥肌になる被験者が積極的に保湿ケアをしていたことが、保湿ケア有で水分量が高くなった理由であり、季節差がほとんどみられなかった理由の一つであると推察された。また、先行データ<sup>3,4)</sup>と季節差が一致しなかったのは、近年、保湿ケアに対する意識が高くなったことを裏付けるものと考えられる。

ケアの有無における  $TEWL$  の結果を図6に示す。No.2およびNo.7を除き、ほとんどの部位でケア有の方がケア無よりも低値であった。ケア有でやや低値であった理由としては、保湿剤による油分が皮脂膜の代替となり、蒸散量が抑制されたと推察された。

以上の結果から、皮膚性状を測定する際には、保湿剤使用の有無の確認が非常に重要であることが示された。

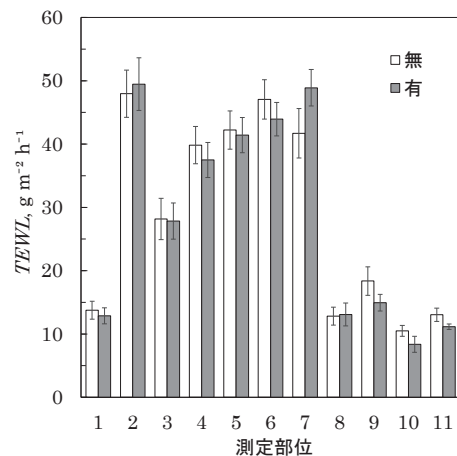


図6 足各部の経表皮水分蒸散量  $TEWL$  における保湿ケアの有無による相違

## 4. 結語

本研究では、夏用靴下設計のための基礎研究として、足各部の皮表角層水分量および経表皮水分蒸散量を明らかにするとともに、季節差を把握することを目的とした。標準体型をもつ20歳代女性30人を被験者として、夏季および冬季に測定を行った。

水分量は母趾で高値であり、他の足底部のおおよそ2倍程度であった。また、足底部の蒸散量は足背部および下腿部と比べて高値であり、特に足底前方(母趾付近)および後方(踵部)の蒸散量

は、中足部に比べて高値であるなどの相違がみられた。

季節差については、先行研究との一致はみられず、多くの部位で冬の水分量が高くなる傾向がみられた。これには、近年の保湿ケアの意識の高さが関連していると推察された。なお、個人データを用いた解析では、多くの部位で水分量と蒸散量との間に正の相関が認められた。

#### 参考文献

- 1) 久野 寧著；汗の話，光生館，44-45（1975）
- 2) 日本繊維製品消費科学会，投稿中
- 3) 吉国好道，田上八朗，白浜茂穂ほか；身体各部位における皮表角層水分量の季節的变化とそれに関する因子について，日本皮膚科学会雑誌，93(5)：491-495（1983）
- 4) 吉国好道，田上八朗，井上邦雄ほか；生活環境の気温，湿度が生体の角層水分含有量体に与える影響，日本皮膚科学会雑誌，95(5)：591-595（1985）
- 5) 出口昌孝，榎屋友幸，中西賢太郎ほか；高齢外来患者における角層水分量およびBMIに影響する要因の探索研究，日本老年薬学会雑誌，3(2)：30-34（2020）
- 6) 諸岡晴美，坂本雅司，笹原 亮ほか；卵殻膜加工布がヒトの皮膚性状に及ぼす影響，繊維学会誌，64(2)：51-56（2008）
- 7) 谷 明日香，坂下理穂，諸岡晴美ほか；卵殻膜・リン脂質ポリマー同時加工布がヒトの皮膚性状に及ぼす効果，日本繊維製品消費科学会誌，59(11)：871-877（2018）
- 8) 中村邦子，田中早苗，武本歩未，大塚美智子；2014-2016日本人の人体計測データ分析結果－日本人成人女性の人体寸法の推定－，日本繊維製品消費科学会，61(12)：849-863（2020）
- 9) 伊藤雅章；脂腺の構造と機能，日本香粧品学会誌，40(2)：93-96（2016）
- 10) 田村照子著；基礎被服衛生学，文化出版局，173（1993）
- 11) 日本化粧品技術者会，[https://www.sccj-ifsc.com/library/glossary\\_detail/735#:~:text=](https://www.sccj-ifsc.com/library/glossary_detail/735#:~:text=)（2023/10最終閲覧）