

ソックス、ストッキングと革靴着用が 靴内気候と快適性に及ぼす影響

三ツ井紀子

Effect of Wearing Socks, Stockings and Leather Shoe on Shoe Microclimate and Wear Comfort

Michiko Mitsui

The effects of socks, stockings and leather shoe on wear comfort and microclimate between shoe and skin while exercising has been studied by seven women under laboratory conditions. Temperature and absolute humidity in wearing socks or stockings were higher than barefooted. Further under wearing shoes and socks or stockings they are increased. Temperature and absolute humidity at the measuring point were the highest between the first and the second toes. Inside socks or stockings with shoes after exercise they are kept high, although the four kinds of subjective sensation decreased. This is the effect of custom. Moisture content in shoe had an effect on those subjective sensations. Temperature and absolute humidity inside shoe barefooted were lower, however discomfort sensation was higher. Therefore wearing socks and stockings were effective. Effect of leather shoes on shoe microclimate and wear comfort was larger than effect of socks or stockings.

1. 緒言

近年生活習慣・生活様式の欧米化に伴い靴着用時間も増加し、その選択に関しての関心も高まっている。日本では梅雨があるほか、夏期が高温多湿となるため、靴内の蒸れ感も大きく快適な靴が求められている。靴着用による足部形態変化や靴素材の性状、物性変化などの報告の他、靴の機能評価や着用快適性に関する解説^{1~3)}があるが、人-靴-環境系における研究は僅かである^{4~5)}。そこで、靴の素材と衛生学的要因について研究するため、同じ型の靴を異なる素材で特別に製作し、履き心地⁶⁾、靴内の汗成分の蓄積⁷⁾、微生物の生育⁸⁾などについて検討し報告した。

着用快適性にはサイズ、フィット性、剛軟性

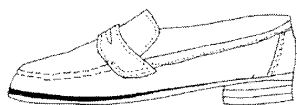
などが影響するが、本報では、快適性を熱と水分の移動としてとらえ、靴下の種類や靴着用の有無が靴内気候および快適性に及ぼす影響について検討することを目的にした。一定環境下での運動負荷による温度湿度変化と着用者の主観的感覚の変化を測定し、それらの関係について比較検討した。

2. 実験

2.1 試料

靴下としてソックス・ストッキングを、靴はFig.1に示すようなローファータイプの市販革靴を用いた。甲革は天然牛革、裏革は豚床革タンニンなめしである。中敷は、布と塩化ビニルからなるシート、中底はパルプボードで、その

Fig.1 Type of the shoe



中間にスポンジが入っていた。靴との組み合わせによる着用条件は、裸足、ソックス着用、ストッキング着用、靴のみ着用、靴とソックス着用、靴とストッキング着用の計6通りである。

Table 1に靴下および靴の物理的性能について示す。厚さ、見掛密度、気孔容積、通気性、吸湿性、透湿性、吸水性、はっ水性の測定はJIS L 1018メリヤス生地試験方法に準じた。厚さ測定は初荷重は80gf/cm²とした。通気性測定にはフラジール形試験機を用いた。吸湿性は水分率で示した。透湿性はJIS L 1099の繊維製品透湿度試験方法のウォーター法により行った。吸水性はバイレック法を、はっ水性はスプレー法を用いた。

靴のサイズは被験者が実際に着用して決定し、各人1足準備したが、23.5と24.5cmであった。靴一足の質量は平均値で491gであった。靴の外側は仕上げのため吸水性は全くなく、はっ水性は95%であった。靴の内側は吸水性が8mmあり、はっ水性は50%であった。

ソックスは一般的に使用される通学用の綿製で、一足の質量平均値は27gであった。ソックスはストッキングに比べ厚く、見掛密度は大きく、吸湿性と吸水性が大きかった。ストッキングの通気性は著しく大きく、測定不可能であった。靴下は繰り返し着用・洗濯すると油脂の残留、洗濯による界面活性剤の吸着などにより、吸湿性、吸水性など物理的性能が変化し⁹⁾、靴内環境に影響を及ぼすと考えられるため、毎回新品を着用した。

2. 2 実験方法

被験者は19~21歳の健康な女子大学生7名とし、その身長、体重、体表面積¹⁰⁾、足囲、足長、足の横幅をTable 2に示した。被験者には食事

Table 1 Properties of experimental garments.

	Shoes	Socks	Stockings
Material	Leather	Cotton Nylon Polyurethane	Nylon
Thickness (mm)	2.62	1.53	0.24
Weight (g)	491	27	26
Density (g/cm ³)	—	0.268	0.156
Porosity (%)	—	83.0	86.3
Air permeability (ml/cm ² /sec)	—	65.6	—
Moisture regain (% at 20°C and 65%RH)	—	4.2	2.8
Moisture transmission (g/(m ² ·h))	—	119.6	111.8
Water absorption(mm)	Outside 0 Inside 8.0	76.8	11.3
Water repellency(%)	Outside 95 Inside 50	0	0

Table 2 Physical characteristics of the subjects

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Surface area (m ²)	Foot			Shoe size (cm)
					Girth (cm)	Length (cm)	Breadth (cm)	
A	20	156	54	1.54	22.1	22.4	9.7	23.5
B	20	162	56	1.60	21.8	23.2	8.9	24.5
C	19	160	52	1.54	23.7	22.8	9.9	24.5
D	19	160	50	1.51	22.5	22.5	9.5	23.5
E	20	160	50	1.51	21.6	23.6	9.7	24.5
F	21	163	58	1.63	23.5	23.9	9.9	24.5
G	19	161	63	1.68	23.6	23.8	9.9	24.5
mean	19.7	160.3	54.7	1.57	22.7	23.2	9.6	24.2
sd	0.8	2.2	4.7	0.07	0.9	0.6	0.4	0.5

を実験開始の2時間以上前までにとるよう指示した。運動負荷後の体調が回復する時間を考慮し、同一被験者の実験は一日につき午前午後各一回に限ることとした。人の体温変化にはサーカディアンリズムが存在するため、一人の被験者が午前のみ午後のみに偏らないよう考慮した。

被験者は着用実験開始の1時間前までに足を温水で洗い、乾燥させ、人工気候室に入室した。前日より人工気候室内で十分に調湿した体操用長袖シャツ（綿70%：ポリエステル30%）、トレーニングズボン（ポリエステル100%）を着用し、足の測定部位に、通気性透湿性のあるゴアテックス布（ゴアテックス社製）でカバーした温度・湿度センサ（神栄株式会社製）を透湿性のあるマイクロポアサージカルテープで固定した。温度・湿度に影響がでないよう、センサ部は避けて固定した。後、靴下と靴を着用して安静椅座位を保った。

実験は、開始後21分間安静椅座位とし、続いて6分間の踏台昇降運動を行った。その後安静椅座位とし、計57分間とした。発汗には様々な要因が影響するが、今回は日常生活に準じた中

程度の発汗とするため、RMR（エネルギー代謝率）が5.0程度¹¹⁾の踏台昇降運動とした。文部省体力判定基準による高さ35cmの踏台を用い、1分間あたり24回のリズムで繰り返した。人工気候室の環境は、温度26℃、相対湿度60%、気流50cm/sec以下に設定した。

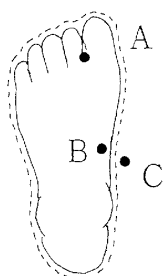
2. 3 測定部位および測定項目

靴内の温度と湿度の測定部位はFig. 2に示すように左足で、第1趾と第2趾の間（A点）、土踏まず（B点）、土踏まずでの靴下の上（C点）とした。温度・湿度は3分間隔で連続的にデータロガー（神栄株式会社製）に収録し、コンピュータ処理を行った。

着用実験中、被験者の主観的感覚つまり足部の温冷感、足部の発汗感、靴下のぬれ・湿り感、足部の不快感について3分毎に申告させた。温冷感および不快感の基準は空気調和衛生工学会・温冷感小委員会試案¹²⁾に準じた。Table 3に申告に用いた各種主観的感覚のスケールを示す。

Fig.2 Measuring point

- A between the first toe and the second toe
- B on the skin surface at the arch of the foot
- C on the socks or the stockings at the arch of the foot



3. 結果および考察

結果は被験者7名の平均値で示した。測定時刻ごとの平均値と標準偏差を用い、着用条件間について、平均値の差の有意性の検定を行った。

3. 1 心拍数および口腔温

Fig. 3 に実験中の心拍数と口腔温の変化を示す。心拍数は運動開始より増加し、運動終了後は大きく、後、急速に低下したが、運動後30分経過しても運動前の状態には回復していなかった。裸足および靴下、靴下と靴の組み合わせ間に有意差はみられなかった。

口腔温はいずれの着用条件でも運動終了後に低下がみられたが、その後回復し一定を保った。運動終了後の温度低下は、舌下の血流や鼻を通じて増加した換気¹³⁾による影響と考えられる。実験条件による有意差は見られなかった。

3. 2 靴下着用による温度・湿度変化

Fig. 4 に裸足および靴下着用による温度変化を示す。いずれの着用条件でも運動開始までの温度はほぼ一定であるが、その後運動による低下が見られ、運動終了後は徐々に上昇し一定となった。この運動終了後の上昇は、足部の筋活動による熱産生のためと、全身で産生された熱の放熱量を増加させるための足趾皮膚温上昇に起因すると考えられる。運動中の温度低下は、機械的な換気すなわちベンチレーション効果によるもので趾間で特に著しかった。

裸足の場合、運動前の趾間は約32℃と靴下着用より約1℃低く、靴下の保温効果がみられる。測定部位別で温度が高い順は、趾間、土踏まず、土踏まずでの靴下上であった。全体的に運動後の測定部位間では有意差がみられるが、ソックス着用時の趾間と土踏まずの間には有意差がみられなかった。趾間では、裸足とストッキング着用の48分以降に有意差がみられた。土踏まずでは裸足とソックス着用とに、運動中および運

Table 3 Subjective sensation rating chart

Rating	Thermal sensation	Sense of sweating	Sense of soaking	Discomfort sensation
4	Very hot	—————	Soaking wet	—————
3	Hot	Much	Wet	Intolerable
2	Warm	Moderate	Slightly wet	Uncomfortable
1	Slightly Warm	A little	Damp	Slightly uncomfortable
0	Neutral	Not at all	Dry	Comfortable
-1	Slightly Cool			
-2	Cool			
-3	Cold			
-4	Very cold			

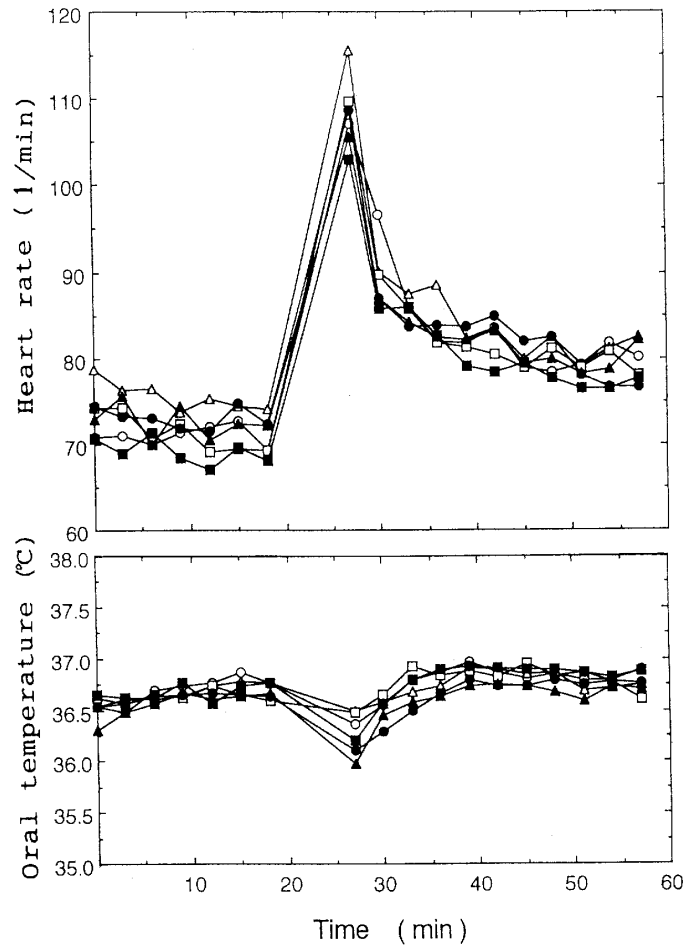


Fig.3 Heart rate and oral temperature during experiment (mean value)
 ● Bare foot, ▲ Socks, ■ Stockings
 ○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings

動後に有意差がみられた。2種の靴下間では、土踏まずでの靴下上で、30分時にだけ有意差がみられた。裸足に比べ靴下着用は高温となるが、2種の靴下間にはほとんど差はないことがわかった。

Fig. 5 に裸足および靴下着用による湿度変化を示す。湿度も温度同様高い順に、趾間、土踏まず、土踏まずでの靴下上であるが、趾間は特に湿度が高かった。測定部位間では有意差がみられた。趾間では運動前から湿度は高く、運動中は低下している。運動終了後のソックス着用時は裸足とほぼ同じであり、綿の吸湿性、吸水

性が良いからと考えられる。裸足とストッキング着用とでは、温度同様48分以降に有意差がみられた。土踏まずでは、裸足とソックス着用時の39分時に有意差がみられた土踏まずでの靴下上では、綿ソックス着用の方がストッキング着用時より運動中と運動直後に高く、有意差がみられ、温度と同傾向であった。各種ストッキングの熱水分移動特性を調べた報告¹⁴⁾はあるが、ソックスと比較した例は見られない。今回の結果は Table 1 に示したように、綿の吸湿性、吸水性の良さとストッキングの通気性の良さが影響していると考えられる。

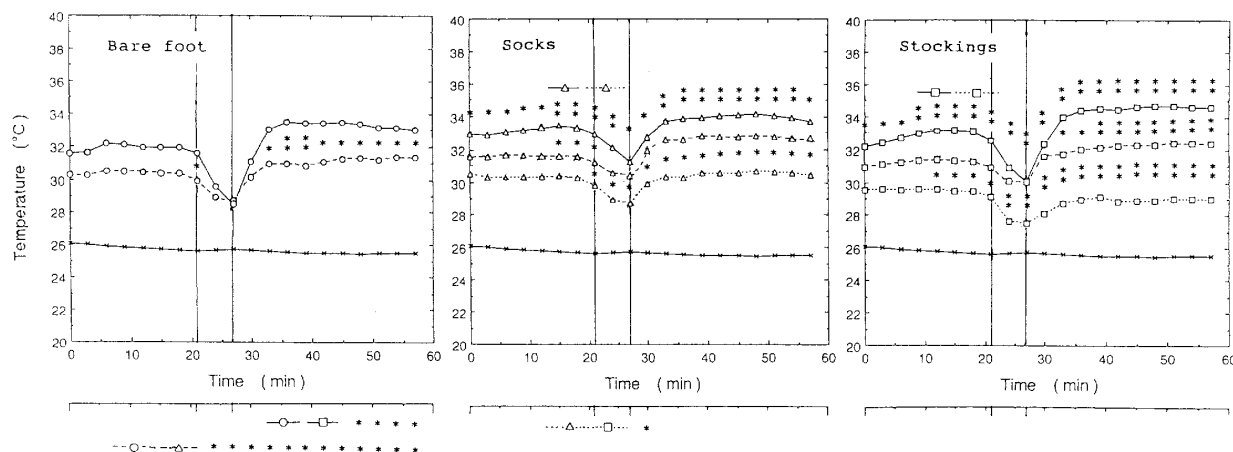


Fig.4 Microclimate temperatures inside and outside the socks and the stockings during experiment (mean value)

- Bare foot, △ Socks, □ Stockings
- Point A between the first toe and the second toe
- Point B on the skin surface at the arch of the foot
- Point C on the socks or the stockings at the arch of the foot
- × Environment
- * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

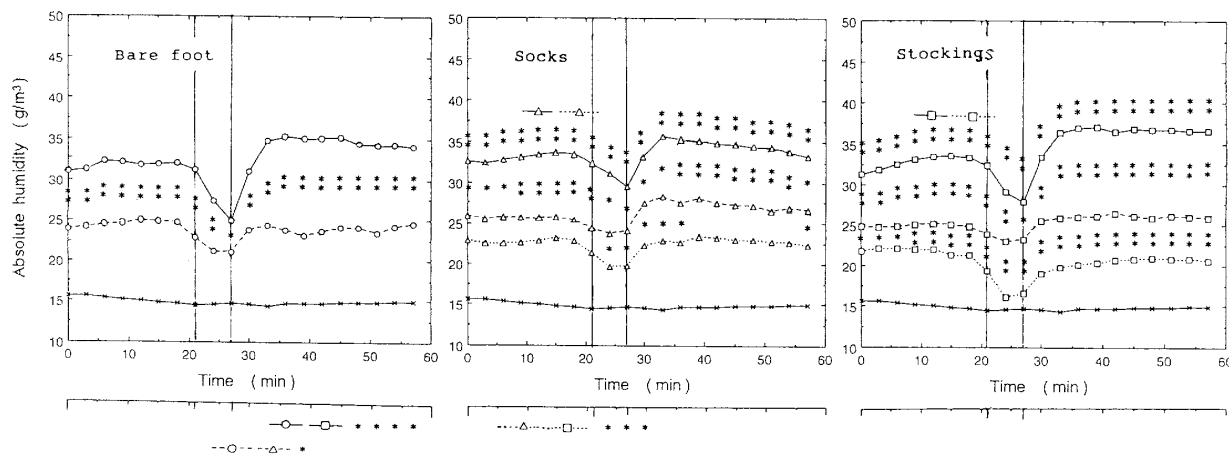


Fig.5 Absolute humidities inside and outside the socks and the stockings during experiment (mean value)

- Bare foot, △ Socks, □ Stockings
- Point A between the first toe and the second toe
- Point B on the skin surface at the arch of the foot
- Point C on the socks or the stockings at the arch of the foot
- × Environment
- * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

ソックス、ストッキングと革靴着用が靴内気候と快適性に及ぼす影響

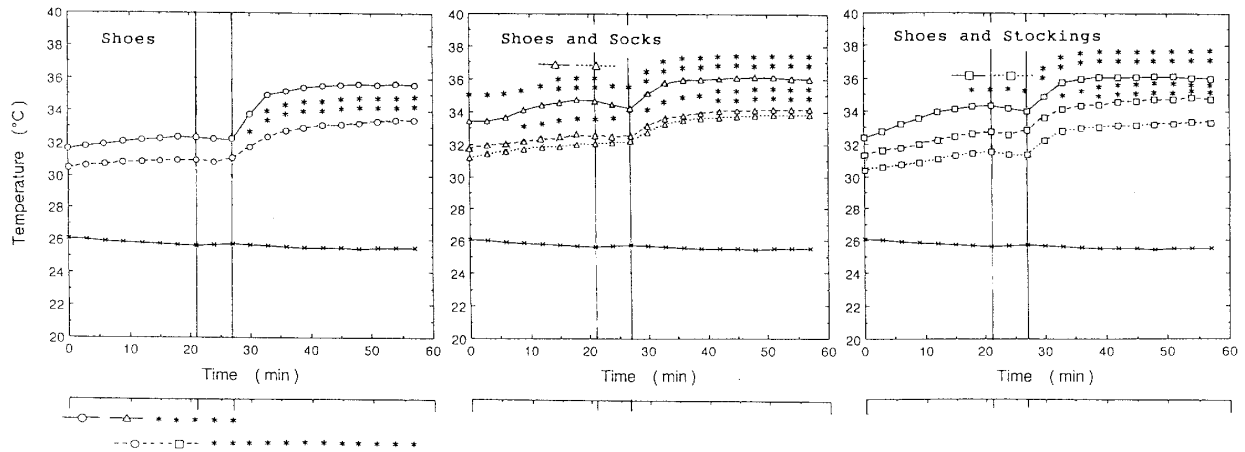


Fig.6 Temperatures in shoe microclimate by measuring point during experiment (mean value)

○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
 — Point A between the first toe and the second toe
 - - - Point B on the skin surface at the arch of the foot
 ····· Point C on the socks or the stockings at the arch of the foot
 × Environment
 * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

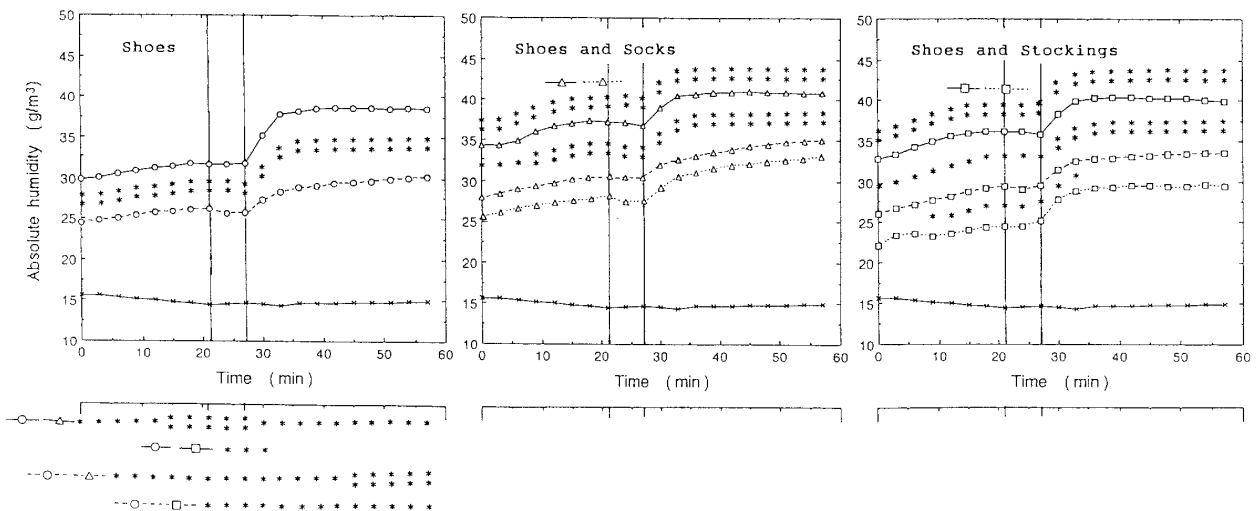


Fig.7 Absolute humidities in shoe microclimate by measuring point during experiment (mean value)

○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
 — Point A between the first toe and the second toe
 - - - Point B on the skin surface at the arch of the foot
 ····· Point C on the socks or the stockings at the arch of the foot
 × Environment
 * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3. 3 靴下と靴着用による温度・湿度変化

Fig. 6に靴下と靴着用による温度変化を示す。運動によるベンチレーション効果で運動中の温度はやや下がるものの、運動後は上昇している。靴下と靴の着用でも、温度は高い順に趾間、土踏まず、土踏まずでの靴下上であった。運動後に、趾間、土踏まずとの間には有意差がみられたが、土踏まず、土踏まずでの靴下上では有意差はみられなかった。靴で覆っているため類似した値となると考えられる。裸足に靴を直接履いた場合、運動前は温度が低い、運動後はかなり上昇し、実験終了後も高いままであった。趾間では、靴のみ着用とソックスと靴着用との間に、運動前と運動中に有意差がみられた。運動後の趾間に有意差がないのは、皮膚温の限界まで上昇しているからと考えられる。土踏まずでは、靴のみ着用とストッキングと靴着用との間に、運動中と運動後に有意差がみられた。2種の靴下間には有意差はみられなかった。

Fig. 7に靴下と靴着用による湿度変化を示す。運動後は湿度が高くなり、実験終了時でも低下せず、温度とほぼ同様の傾向を示した。湿度は高い順に趾間、土踏まず、土踏まずでの靴下上で、趾間と土踏まずとの間には実験中すべて有意差が生じていた。靴のみ着用は湿度が全体的に低く、ソックスと靴着用およびストッキングと靴着用との間には、趾間土踏まず共に有意差がみられた。靴を着用すると2種の靴下間には有意差はみられず、温度湿度ともに靴下の影響は小さくなると考えられる。

3. 4 靴下着用と靴下と靴着用間の比較

趾間では温度は皮膚温の限界に近く、湿度も飽和に近く試料間の差異は出にくい、その高温高湿の影響を受けていると考えられる土踏まずで比較してみる。土踏まずでの着用条件別温度変化をFig. 8に、湿度変化をFig. 9に示す。

裸足と靴のみ着用間、靴下着用と靴下と靴着用間には有意差がみられ、靴を着用すると、裸足や靴下着用より著しく上昇するため好ましくない事がわかる。しかし靴は着用しなければならず、その際の靴下はどちらが良いとは言えない事がわかった。

3. 5 主観的感觉

Fig.10に被験者の足部の温冷感を示す。暖かくも涼しくもないという0に近いところから始まり、運動開始とともに温冷感は一時的に上昇し、運動終了後3分時を最大として、その後徐々に低下している。裸足とソックス着用の24分時のみ有意差がみられ、ソックス着用の方が暖かく感じていたが、その他では、裸足と靴下着用間、2種の靴下着用間に有意差はみられなかった。裸足と靴だけ、ソックスだけとソックスと靴着用、ストッキングだけとストッキングと靴着用の間にはいずれも有意差がみられ、靴を着用すると全体的に温冷感は強くなるのがわかった。靴のみ着用とソックスと靴着用、ストッキングと靴着用の間には、運動前に有意差がみられ、靴だけ履くのに比べ靴下を履くと暖かく感じていたが、靴下を履き汗をかいてしまうと、温冷感に差は生じていなかった。靴内の温度・湿度は運動終了後も低下が見られず高いままであったが、温冷感は一時的に低下しており、これは衣服内気候の温冷感の場合と同様、慣れが関係するものと考えられる¹⁵⁾。

Fig.11に被験者の足部の発汗感を示す。裸足と靴下着用とでは発汗に有意差はみられないが、裸足と靴だけ着用間、各靴下着用と靴下と靴着用間には、有意差がみられた。これらは温冷感とほぼ同じ傾向である。

Fig.12に被験者の靴および靴下のぬれ・湿り感を示す。ソックス着用とソックスと靴着用間およびストッキング着用とストッキングと靴着

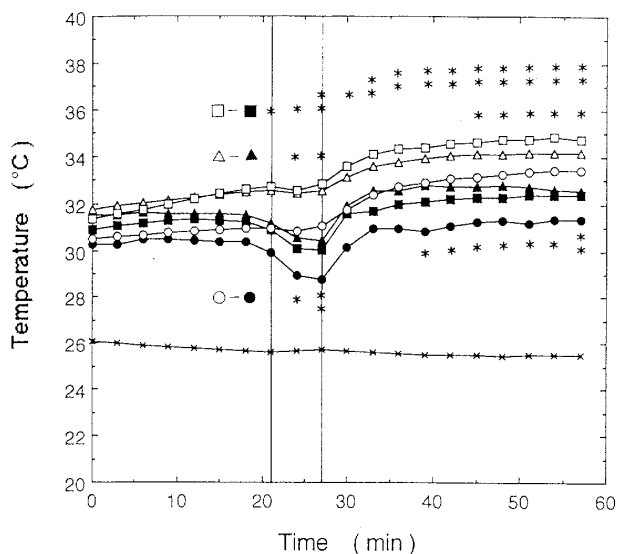


Fig. 8 Temperatures in shoe microclimate at the arch of the foot during experiment (mean value)

● Bare foot, ▲ Socks, ■ Stockings
○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
× Environment
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

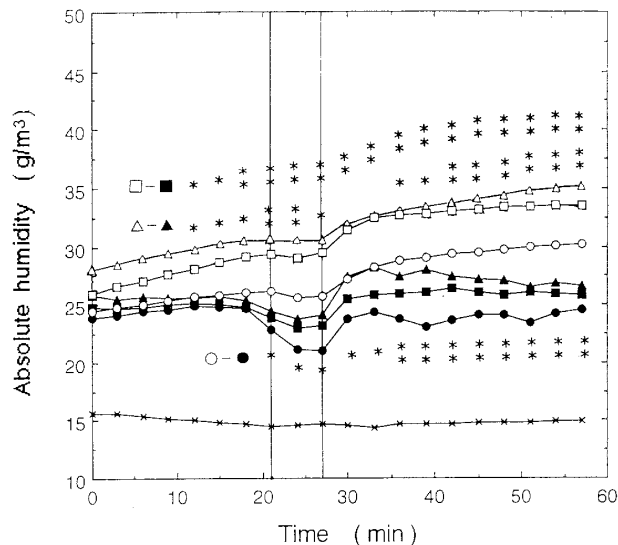


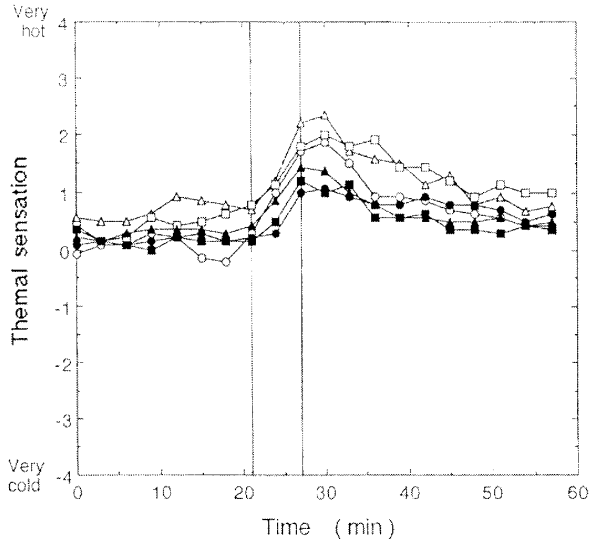
Fig. 9 Absolute humidities in shoe microclimate at the arch of the foot during experiment (mean value)

● Bare foot, ▲ Socks, ■ Stockings
○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
× Environment
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

用間には、いずれも有意差がみられ、靴を併用することによりぬれ・湿り感を強く感じていたが、特にソックス着用とソックスと靴着用間では大きかった。衣服のぬれ感覚には様々な要因があり、繊維素材の構造上の違い¹⁶⁾や吸水特性による^{17, 18)}ほか、環境の絶対湿度だけでなく、その変化速度の差にも影響される¹⁹⁾などが報告されている。今回の試料は綿編地、ナイロン編地、皮革と全く異なる素材、組織であり、ぬれ感に及ぼす要因を特定することはできず、種々の物理的性能の総合と考えられる。今回の試料の物性は定常状態での測定であり、刻々と絶対湿度が変化するような非定常状態での測定も必要と考えられる。²⁰⁾

Fig.13に被験者の足部の不快感を示した。靴下だけより靴下と靴を合わせて着用すると有意差があり、不快感は大きくなることがわかった。靴だけ着用と靴下と靴着用との間には一部有意

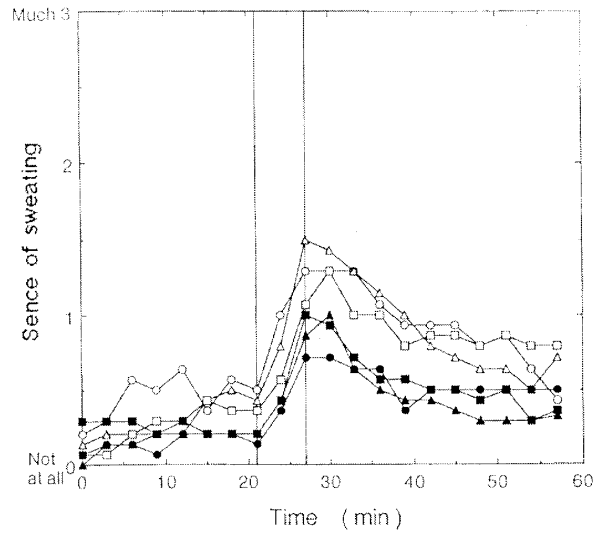
差があり、靴だけ着用するのは不快となり、靴下の効果がみられる。また、裸足と2種の靴下間には不快感に差がみられなかった。裸足と靴だけ着用の間には実験中かなり有意差があり、靴のみ着用では靴内の温度・湿度がかなり低いにも関わらず、不快感は大きいことがわかった。「べたべたして気持ち悪い」と記した被験者もいたことから、接触感、肌触りなどの表面状態も影響していると考えられる。これは靴下を着用すると足が靴底に密着せず、靴下がクッションとなり、点で接するようになるからと考えられる。熱、水分の移動から考えた場合の履き心地には、靴内の温度・湿度のほか、水分増加に伴うべたつきが重要な因子となると考えられるが、これは摩擦係数の増加などによるものと推察され検討する予定である。



△-○	* * *
□-○	*
▲-●	*
○-●	* * *
△-▲	* * * * * * * *
□-■	* * * * * * * *

Fig.10 Thermal sensation during experiment
(mean value) (Rating of sensation given in Table3)

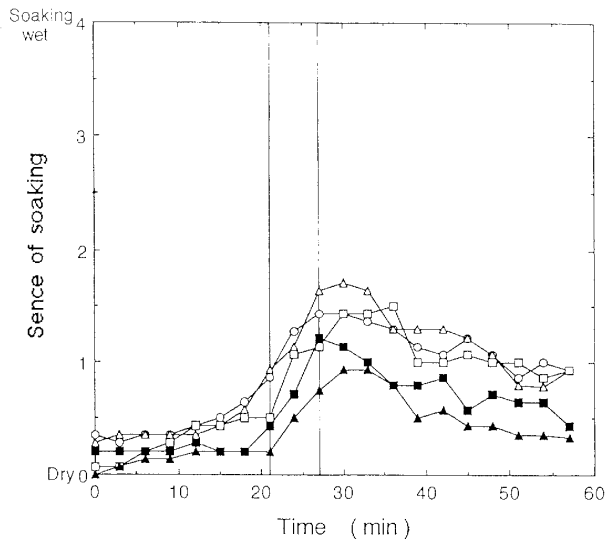
● Bare foot, ▲ Socks, ■ Stockings
○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
*p<0.05, **p<0.01



△-○	* *
□-○	* *
△-▲	*
○-●	* * * * * * * *
△-▲	* * * * * * * *
□-■	*

Fig.11 Sense of sweating during experiment
(mean value) (Rating of sensation given in Table3)

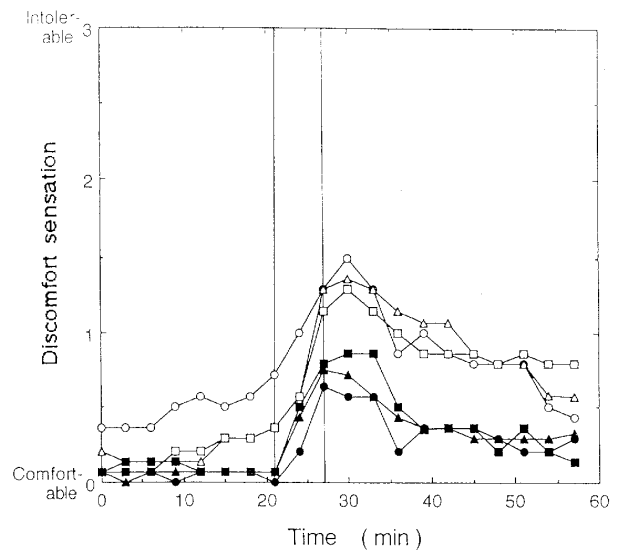
● Bare foot, ▲ Socks, ■ Stockings
○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
*p<0.05, **p<0.01



△-□	*
▲-■	*
△-▲	* * * * * * * *
□-■	* *

Fig.12 Sense of soaking during experiment
(mean value) (Rating of sensation given in Table3)

▲ Socks, ■ Stockings
○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
*p<0.05, **p<0.01



△-○	* *
□-○	* *
○-●	* * * * * * * *
△-▲	* * * * * * * *
□-■	* * * * * * * *

Fig.13 Discomfort sensation during experiment
(mean value) (Rating of sensation given in Table3)

● Bare foot, ▲ Socks, ■ Stockings
○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings
*p<0.05, **p<0.01

3. 6 水分量と各種主観的感覚

測定部位別では分かりにくいので、2種の靴下間および靴との違いを明確にするために靴内あるいは靴下内水分量を考えてみる。

Fig. 5 の湿度曲線において、実験開始から実験終了までの、裸足の趾間の湿度と環境とで囲まれた面積を求め、土踏まずでの同様の面積との和を、裸足の水分量と定義する⁶⁾。同様に、ソックス着用時の水分量、ストッキング着用時の水分量を求め、裸足を1とした場合の比を求めた。また、Fig. 7の湿度曲線より同様に靴のみ、ソックスと靴、ストッキングと靴着用時のそれぞれの水分量を求め比較検討した。その結果、ソックス着用1.14、ストッキング着用1.12、靴だけでは1.18、ソックスと靴着用1.44、ストッキングと靴着用1.43となった。裸足に比較し、靴下や靴だけを履くと水分量はやや増加し、靴下と靴を合わせて履くと、水分量は約40%も増加し高湿になることと、2種の靴下間にほとんど差はみられないことが明らかになった。

また、実験中の各種主観的感覚の平均値を求め、各着用条件での水分量との相関を求めFig.14に示した。相関係数の検定を行ったところ、温冷感および不快感は水分量との間に有意な相関があることがわかった。しかし、発汗感とぬれ・湿り感とは相関ありとはいえなかった。足底部は不感蒸散が大きく、それが影響しているとも考えられる。靴のみ着用が水分量は少なく温冷感は小さいにも関わらず、発汗やぬれ感を大きく感じており、不快感も大きく、直線からはずれる傾向がみられた。靴のみ着用には接触感が影響すると前述したが、靴のみ着用を除いて、発汗感とぬれ・湿り感について水分量との相関を求めたところ、相関係数は0.95と0.92となり、有意な相関がみられた。靴下内の水分量の増減が感覚の変化を引き起こす一因と考えられ、靴下内の水分量は各種主観的感覚に

影響を及ぼすということが出来る²¹⁾。

以上のように2種の靴下間に大きな違いはみられず、靴下の違いより靴着用の有無の方が、温度・湿度や各種主観的感覚に及ぼす影響は大きいことが認められた。

4. 結 言

靴下としてソックス、ストッキングおよび革靴を用い、人工気候室内で運動負荷による着用実験を行い、靴内気候と快適性について検討した結果、次のようなことがわかった。

- 1) 心拍数および口腔温は、裸足および靴下、靴下と靴の組み合わせ間に有意差はみられなかった。
- 2) 裸足に比べ靴下を着用すると温度・湿度は上昇するが、靴下と靴を着用するとさらに上昇した。温度・湿度は高い順に、趾間、土踏まず、土踏まずでの靴下上であった。
- 3) 靴内温度・湿度は運動終了後高かったにも拘わらず、被験者の温冷感、発汗感、ぬれ・

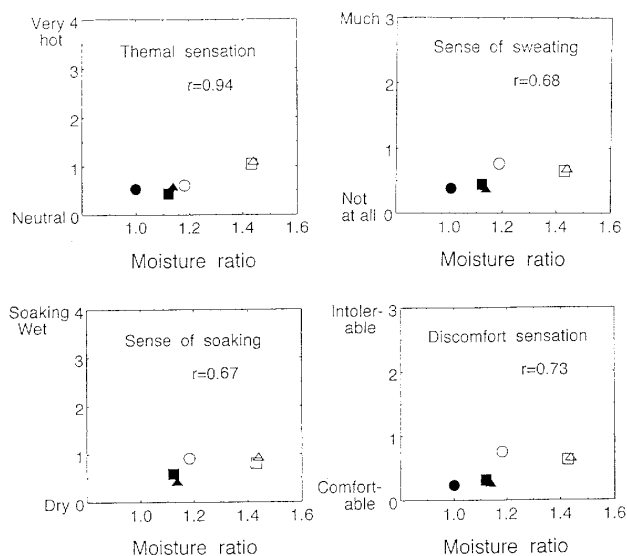


Fig. 14 Relation between subjective sensation and the ratio of moisture content in shoe (Rating of sensation given in Table 3)

● Bare foot, ▲ Socks, ■ Stockings
○ Shoes, △ Shoes and Socks, □ Shoes and Stockings

湿り感、不快感は低下していった。

- 4) 靴下内の水分量は各種主観的感觉に影響を及ぼす。
- 5) 靴のみ着用は、温度・湿度が低いにも拘わらず不快感は大きく、その他の主観的感觉も大きい傾向があり、靴下を着用する方が良い。
- 6) 2種の靴下着用間にほとんど差はみられず、靴下より靴着用の有無の方が靴内気候や各種主観的感觉に大きな影響を及ぼす。

ご助言下さいました昭和女子大学大学院岡村浩教授ならびに中島利誠教授に感謝致します。実験に協力下さった吉田和江元助手に感謝致します。本研究は文部省科学研究費(基盤研究C)の補助を受けた。本研究の一部は平成6年度(社)日本家政学会、および第14回繊維連合研究発表会において発表した。

文 献

1. 山崎信寿, 織学誌, **43**, p-228 (1987)
2. 福岡正信, 織消誌, **34**, 4 (1993)
3. 大塚斌, 織消誌, **36**, 673 (1995)
4. Kawabata Atsuko and Tokura Hiromi, J. Home Econ. Jpn., **44**, 665 (1993)
5. 大塚斌, 近藤麻理, 柿山哲治, 高橋周一, 軍司敏博, 織消誌, **36**, 334 (1995)
6. 三ツ井紀子, 吉田和江, 石井泰博, 白井邦郎, 長南康正, 岡村浩, 織消誌, **40**, 333 (1999)
7. 長南康正, 石井泰博, 白井邦郎, 三ツ井紀子, 吉田和江, 岡村浩, 織消誌, **41**, 692 (2000)
8. 石井泰博, 白井邦郎, 三ツ井紀子, 辻和江, 岡村浩, 長南康正, 繊維製品消費科学会年次大会要旨集, 88 (1995)
9. 三ツ井紀子, 酒井豊子, 織消誌, **29**, 141 (1988)
10. 高比良英雄, 栄養研報, **1**, 61 (1925)
11. 坂本吉正, 駒井説夫, 萱村俊哉, 「現代健康教育学」, 朝倉書店, p137 (1992)
12. 中山昭雄, 「温熱生理学」, 理工学社, p581 (1987)
13. W. I. Cranston, J. Gerbrandy, E. S. Snell: J. Physiol., **126**, 347 (1954)
14. 諸岡晴美, 諸岡英雄, 織消誌, **37**, 300 (1995)
15. 三ツ井紀子, 中島利誠, 日生氣誌, **28**, 125 (1991)
16. 潮田ひとみ, 光松佐和子, 菅井清美, 中島利誠, 織消誌, **37**, 83 (1996)
17. M. Mitsui: Bulletin of the doctoral course of science for living system Showa Women's University, **2**, 1 (1992)
18. M. Mitsui: Bulletin of the doctoral course of science for living system Showa Women's University, **2**, 9 (1992)
19. 潮田ひとみ, 青木敦子, 中島利誠, 織消誌, **36**, 162 (1995)
20. 三ツ井紀子, 中島利誠, 日生氣誌, **26**, 41 (1989)
21. 三ツ井紀子, 酒井豊子, 中島利誠, 日生氣誌, **23**, 35 (1986)