

# P4-5(1) 生理反応による衣服の着心地評価システムの開発

## —フットウェアの履き心地評価—

細谷 聡、上條正義、高寺政行、佐渡山亜兵、清水義雄

信州大学 繊維学部 感性工学科

### 1. 緒言

靴や靴下に代表されるフットウェアは、現代人にとって欠かすことのできない衣料品である。これらフットウェアには、被服生理・衛生的機能性や動作追従性、ファッション性などのほかに履き心地が要求される。

現在まで、フットウェアの履き心地に関する研究は、保温性や通気性など製品の有する衛生機能面と着用時の履き心地感との関係に注目したものが比較的多い。また、履き心地の主観的評価は質問紙に頼るところが大である。

本研究では、フットウェアに対する着用時のみの履き心地評価を行なうのではなく、身に着け実際に活動したときの履き心地に着目し、生理反応と主観的評価を組合せて、フットウェアの履き心地に関する評価を試みた。

まず、靴に関する研究では婦人靴のヒール高については、運動力学的・生理心理学的な歩行計測から歩行快適性を評価し、足部疾患を有する人や適合性を重視した靴選びの必要性に応える計測・評価・設計支援システムの構築を試みた。また、靴下に関する研究では、適合性の生理心理学的な計測と解析から客観的な評価を行ない、日本人の足型に適合する靴下設計に対する必要性を検討した。

### 2. ヒール付き婦人靴の歩行快適性評価

#### 2.1 目的

現在、消費者は豊富な種類の中から靴を選ぶことが可能である。一方で足に合わない靴を履き、無理な歩行を強いられることによって生じる外反母趾などの疾患が深刻な問題となっており、最近では快適な歩行ができる靴選びの重要性が注目されてきている。

ここでは、ヒール高が歩行快適性の要因である着地状態、足圧中心の移動、下肢筋群の疲労にどのような影響を及ぼすかについて明らかにし、ヒール付き婦人靴の歩行快適性評価およびそのシステム化を試みる。

#### 2.2 方法

被験者は健康な女子大学生 10 名で、歩行中の足底圧を圧力センサシートで、下腿の筋活動を表面筋電図法にて計測した。実験条件は低ヒール (1.5 cm)、中ヒール (4.5 cm)、高ヒール (7.0 cm) の 3 条件で行ない、各条件に対し 10 試技ずつ計 30 試技の計測を行なった。

#### 2.3 結果と考察

##### (1) 足底圧分布と足圧中心の移動軌跡

図 1 は前足部における単位面積あたりの足底圧の大きさについて示したものである。ヒールが高くなるにつれて前足部にかかる圧が有意に大きくなった。中でも親指に非常に大きな圧がかかっていたことから、ヒールの高い靴を履いて歩行することが爪先の痛みなどの疾患を生じてしまう原因の一つである可能性も示唆された。

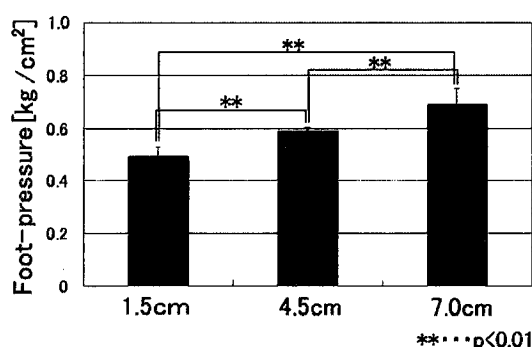


図 1 足底圧の計測結果

低ヒールでは踵から接地し足の外側を通過して親指へと移動する正常な歩行がみられたが、ヒールが高くなるにつれて踵から爪先へと直線的な移動になり歩行軌跡が消失した。また、高ヒールでは足圧中心の軌跡が前後左右に動揺する傾向もみられた。

以上のことから、評価システムでは特に前足部にかかる圧の大きさや接触面積、また足圧中心の軌跡に着目することが歩行の快適性評価に有効であることが示唆された。

##### (2) 筋活動からみた下腿部の負担

歩行時における下腿の筋電位信号を周波数解析による疲労判定を行なった結果、前脛骨筋と腓腹筋の筋疲労はヒールの高さに影響され、ヒールが高くなるほど疲労が大きくなることが推察された。下肢筋群の筋疲労による評価が靴の歩行快適性評価の指標として重要であると考えられる。

#### 2.4 靴の適合性評価システム

以上の研究結果を指標化し歩行快適性評価システムの構築を試みた。評価システム画面の一例を図 2 に示す。システムは、使用者がトレッドミル上で 20 分以上歩行した際の足底圧および筋電位を計測し歩行快適性を考慮した適合性評価を行なうものである。

このようなシステムを用いれば、足部に疾患を抱えているなど歩行に快適な靴選びが切実な問題である人に対し、その特性に適合した靴を選ぶ支援ができると考えられる。

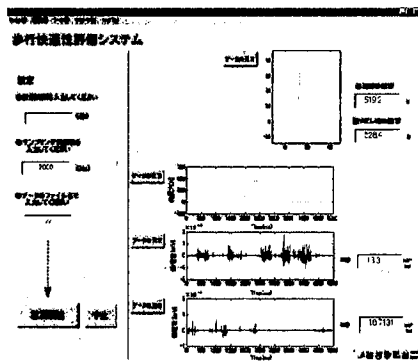


図2 靴の適合性評価システムの画面

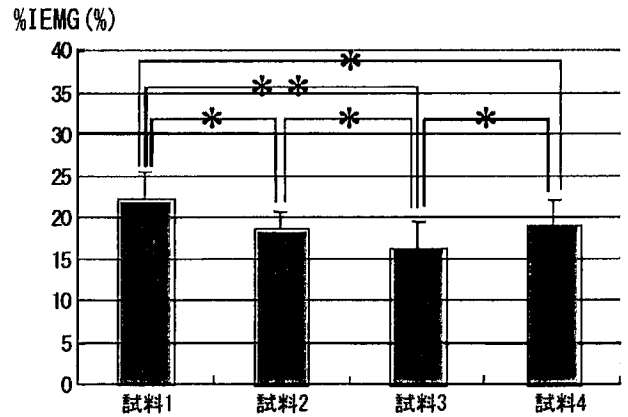


図3 前脛骨筋+腓腹筋の活動を示す%IEMG値

### 3. 靴下の適合性に関する研究

#### 3.1 目的

靴下についての研究は数多く行われているが、靴下の適合性に注目した研究は行われていないのが現状である。人間の足型は、左右で形状が異なっており、靴は左足、右足で履き分けているにも関わらず、靴よりも長時間履いている靴下には、左右の区別が無く同じ形状である。そのため現在の靴下は、必ずしも足に適合しているとはいえず、運動機能の補助や向上、着有感の面から生理・心理的効果のある靴下へと改善していく必要がある。

ここでは足型と靴下形状に注目し、足先部の形状が異なる靴下を用いて適合性を生理心理面から評価し、日本人の足型に適合する靴下設計について提案を行っていく。

#### 3.2 方法

被験者は健康な男子大学生 17 名で、試料は靴下を履かない裸足の状態 (試料 1)、普通の靴下 (試料 2)、足形に合わせて作られた左右で形状の異なる靴下 (試料 3)、試料 3 を逆履きにした靴下 (試料 4) の 4 種類とした。これらを用いて靴下を着用したときの歩行解析と心拍変動解析、アンケート調査を用い行なった。また靴下着用時の快適性を大きく左右する被服圧を各靴下において計測し、生理心理面からの評価と合わせ、適合性を評価した。

#### 3.3 結果と考察

歩行時の前脛骨筋と腓腹筋の一步行周期における筋活動量を表わしたものが図 3 である。各試料で筋活動量を比較したところ小さい順に、試料 3 < 試料 2 < 試料 4 < 試料 1 となった。左右区別のある靴下を着用することで同一の歩行動作を、少ない筋活動量で行えることが明らかとなった。

この他の歩行解析、心拍変動解析、アンケート結果からは、靴下形状の違いが生理心理面に影響を及ぼし、靴下形状によって適合・不適合が生じることも明らかになった。足先部形状の異なる靴下を用い、適合性を評価したところ靴下内が図 4 に示す条件のとき、適合性が良かった。

今回、実験に用いた試料の中では、足型に合わせて作られている試料 3 を着用したとき適合性が良かった。しかし足先の幅や周囲長が大きい被験者が試料 3 を着用した際には、各部にかかる被服圧がこの条件を満たすことができず適合性の評価が低くなった。人間の足は立体的で人によってさまざまな形状をしている。そのため一般的な人の足型に合わせて作られた試料 3 は、多くの被験者には適合するが全ての被験者をカバーするわけではない。これまでは靴や靴下のサイズは主に縦の長さで表現されてきたが、今後は横幅 (周囲長) に注目し靴下のサイズ展開していくことが、感性製品として必要である。

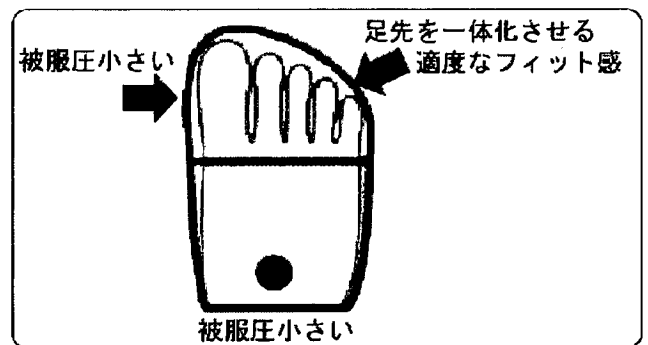


図4 適合性の良い靴下内の条件

### 4. 結言

今回の研究結果から、婦人靴のヒール高に限定することなく、他のさまざまな種類の靴に対する適合性評価が可能となることが示された。また、靴下に関しては、立体的な形状を反映する指標を導入して製品展開を行なうことの重要性を提案できた。以上のように、履き心地や歩行快適性の評価指標や新たな評価方法を確立することができた。

今後は、履き心地・適合性の評価を簡易に、しかもリアルタイムに行なうことができれば、設計・生産分野に貢献するばかりでなく、消費者が店頭などで自身のフットウェアを選択するときにも役に立つシステムが提供できることになる。