

平成 22 年 6 月 9 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500644
 研究課題名（和文） 歩行時の足の靴内滑り量と履き心地との関係
 研究課題名（英文） The Relation of Comfort and the Sliding Frictional force between shoes and foot on walk
 研究代表者
 細長 喜久代 (HOSONAGA KIKUYO)
 大阪成蹊短期大学・総合生活学科・教授
 研究者番号：70352961

研究成果の概要（和文）：

日常、私たちが履いている靴については、歩行時の靴による足への拘束力を平易に測定することはできなかった。そこで拘束力を荷重に置き換え、簡易にリアルタイムで計測できる方法を提案した。そして靴ズレ量を滑り摩擦量として捉え、問題となる足の部分について、滑り摩擦量の測定を可能とした。さらに履き心地の異なる靴について歩行実験を行い、履き心地に関わる荷重と靴ズレ量の実態を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

As for shoes which we wear normally, it was impossible to measure easily the frictional force between shoes and foot. We proposed the method of measuring it in real time. We grasped the extent of blister as quantity of sliding friction, and measured the load and the sliding friction of some section of foot and therefore evaluate the actual conditions between the load committing comfort and the extent of blister.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：生活科学一般

科研費の分科・細目：生活科学一般

キーワード：日常靴生活, 履き心地, 歩行, 靴ズレ量, 靴内滑り量, 拘束力, 荷重

1. 研究開始当初の背景

靴には、歩きやすく満足できるデザインの靴であっても、数回、履いているうちに足になじんでくる靴と、痛くてどうしても履く回数が少なくなる靴とがある。これは、靴選び

に定量的指標がなく、個人の「靴生活履歴」による「個々の感覚判断」に頼っているためである。履き物として靴は歩行時に足を保護すると同時に、履き続けることによって、足骨格を変形させ障害をもたらすこともある。

このような足部変形についての研究は、国内外を問わず1940年代には、X線計測などで明らかにされているが、履き心地を定性的に捉えた研究はない。そこで本研究では、歩行時の履き心地を心理学的・解剖学的見地から捉え、要因として拘束力と靴内滑り量を抽出し、定量的で有用な靴選びのパラメータを提供し、より良い靴選びと、安全で快適・健康な靴生活を提供できることを計画した。

2. 研究の目的

一般的に日常私たちが靴を購入する際、デザインや好みを優先し、履き慣れる靴であると予測して購入する。それは、日常の靴について履き心地を判別できるパラメータがないためである。そこで本研究は実際に使用している日常靴を実験靴として、容易にリアルタイムに履き心地に関わる荷重を計測できる簡易な方法を提案・実施することとした。そして靴による足部側面の拘束を捉えることで、履き心地の実態を明らかにすることができる。同時に足の靴内滑り量は、足と靴が擦れ合って足の摩擦に関わることは、靴ズレなどの現象から明らかのため、問題の足部位について荷重測定を行うと同時に、靴内滑り量を測定し、同部位についての荷重を靴内滑り量に置き換え、荷重-靴内滑り量の合成変量を求め、靴選びの定量的指標を提供することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 靴による拘束力の計測法

間隙の少ない靴と足の拘束力をリアルタイムに測定するためには、フィルムセンサ(厚さ:0.2mm)を用い、拘束力を荷重に置き換えて考えることが平易と考えられる。そこで荷重測定装置としてELFシステム((株)ニッタ)を用いた。

① センサのキャリブレーション

円筒を足、ベルトを靴とシミュレーションし、円筒にベルトを下垂させ、そのベルトに荷重する方法でキャリブレーションを行った。使用した円筒、ベルト、重りはつぎの通りである。

円筒(足)直径:40mm, 30mm,
20mm, 15mmの4種

ベルト(靴)幅:10mm

荷重:200, 300, 500, 750, 1000, 1500,
2000, 2500, 3000(g)の9種

荷重測定面直径9.5mmの円形に、荷重が均等にかかるように、8mm直径のシリコンフィルム(厚さ0.3mm)を両面テープでセンサ面に貼付した。そして40mmの円筒曲面で行なったキャリブレーションを用いて、直径30mm, 20mm, 15mmの3種の円筒に、それぞれ200g

~3000gの9種を荷重した。荷重方法は200gから3000gへの加重方法と、3000gから200gへの抜重方法の2種で、環境変化を避けるため、一時期に実験を行った。さらに、センサのムラを避けるため、4本のセンサの繰り返し実験とした。

② 歩行実験

靴に拘束されたときの歩行時の荷重を測定するため、被験者1名(健康な成人女性、ローレル指数:126)に歩行実験を行なった。実験に用いた靴(ヒール高さ3.5cm)は、抽出される荷重の最大最小値幅を把握するために、被験者にとって歩行可能であるが、足幅を窮屈と感じる靴とした。靴内でのセンサの装着状態がわかるように靴素材は塩ビである。

測定部位は、第1中足骨骨頭最内突出部(MT)、第1趾脛側(1T)、第5中足骨骨頭最外突出部(MF)、第5趾腓側(5T)の4点である。測定部位にセンサを足曲面に合わせて両面テープで固定しゼロ設定を行い、つぎに靴を履き、足と靴内面をなじませた上でキャリブレーションを行なう。

歩行のタイムテーブルは図1の通りである。センサの温度変化による影響、経時変化による影響がないように、60秒歩行後、靴を脱ぎセンサを休ませ、これを3回繰り返す。この繰り返しを、1タームとして3回行ない、歩行3の最後の30秒を安定した値として抽出した。歩行速度は被験の普段の速さとし、平坦直線歩行とした。

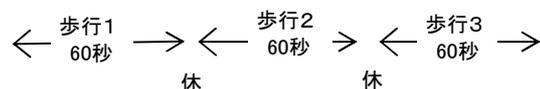


図1 歩行実験のタイムテーブル 1ターム

(2) 靴内滑り量の計測法

被験者の足に白紙を、靴内にはカーボン紙をクロスになるように貼付して、600歩平坦直線歩行した。歩行後、滑り摩擦によって呈色したうす白紙の視感反射率(Y%)をカラーマグベスアイ(マグベス社)を用いて測定し、滑り距離Ln(cm)を、荷重p(g/cm²)ごとに表2のように求め、この方法を用いて靴ズレ量とした。

表1 荷重別 $Y(\%)=a+b \cdot Ln(\text{cm})$ の係数 a b と 相関係数 r^2

g	a	b	r^2
125	3.72	-0.06	0.98
250	3.53	-0.06	0.98
375	2.82	-0.04	0.98
500	2.76	-0.04	0.95
625	2.96	-0.05	0.98

(3) 履き心地の異なる靴による歩行実験

実験靴の選択は、我々が使用している日常靴とし、前足部に問題があり足が痛い最も履き心地の悪い靴と履き心地の良い靴を1セットとした。ただしブーツ、ミュール、スニーカーは除く。そして、この1セットを所持する健康な女子短大生6名を被験者とし、荷重計測と靴内滑り量の計測を行った。被験者の元は表1の通りである。歩行のタイムテーブルと計測方法は前述の通りである。

表2 被験者の緒元

被験者	身長 (mm)	体重 (kg)	足長 (mm)	足幅 (mm)	足囲 (mm)
mean	1573.1	48.8	227.1	88.7	221.9
S.D	60.3	5.9	7.8	4.7	8.2

4. 研究成果

(1) 荷重の計測方法の提案

図2は、ヨコ軸に、円筒（足）ごとに荷重した値（ w ）と、タテ軸にセンサがこの荷重に忠答して表示されたデジタル値（ w' ）の関係を示した結果である。キャリブレーションは40mmを用いている。

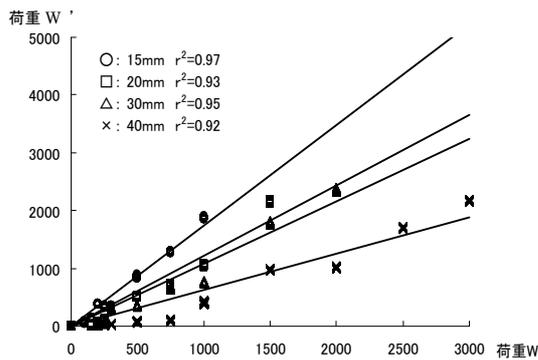


図2 円筒別 荷重 W とセンサの応答 W' との関係
単位 (g)

円筒直径が小さくなるほど、実際の荷重（ w ）より表示された値（ w' ）が大きくなることは、正当であると考えられる。これは円筒とベルトとの接触面積が20mm直径よりも40mm直径では大きいため、出力される荷重に大きく影響を及ぼしたと考えられるが、ここでは、円筒ごとに、（ w ）と（ w' ）の関係に、相関係数0.92以上で、直線性が得られたため、センサ表示は有効であると認められた。

そして被験者1名について歩行実験した結果、歩行時の荷重は統計処理するには安定しがたいが、踵接地時から足先離地では、荷重範囲が、0gから最大5300gを出力し、正常にフィルムセンサが機能していることがわかった。合わせてこの最大値を記録した計測部位は5Tと、被験者が靴による拘束を感じている部位と一致している。このような

荷重範囲において正確なデータを得る実用方法として実用的に本センサによる計測が可能な計測として、つぎの2種の方法を提案する。

① 曲率に合わせた計測法

1) 足趾曲率を考慮して、円筒直径別荷重別キャリブレーションパターンをファイルしておく。2) つぎに静止時の被験者の部位別荷重を測定する。3) そして歩行実験の際に、部位別荷重に合わせて取り込んでおいたキャリブレーションパターンを起動させ、荷重測定とする。4) センサ直径をから単位別荷重とする。

② 相対荷重計測法

1) フィルムセンサが荷重1000g分銅を50%と認識するように感度調整設定をする。2) 60秒分銅荷重後、60秒分開放を3回繰り返し、出力計測値の安定、センサのならしを行う。3) 計測部位により荷重1000g分銅の認識(%)を20%まで随時換え最大5000gに対応できるように調整し、この値を荷重に換算する。

(2) 履き心地の実態・評価

① 荷重計測法（4-(1)-②）により履き心地の良い靴と悪い靴について計測を行った。

100%=2000gとした場合の歩行時左足のチャート結果を、図3に示す。履き心地が悪い靴については、履き心地が良い靴より荷重の大きさだけでなく、明らかに荷重は局所的（図中波線部）に大きくなり、第1趾脛側（1T）で40%以上を示し、その部位は被験者が痛みを申告した部位と一致している。合わせて、最小値は0%を表示していることから、足先離地した際に荷重が0となり歩行時にセンサは正常に機能していることが明らかにされた。

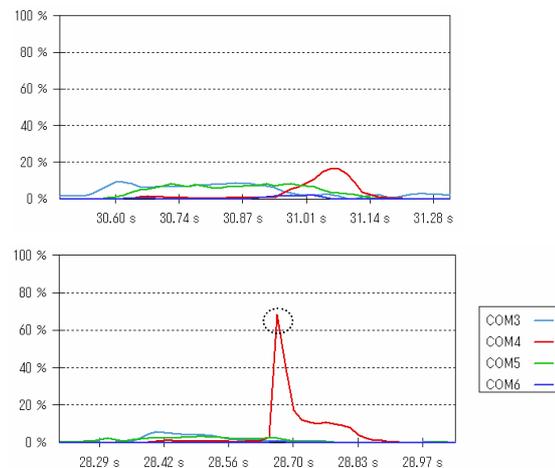


図3 履き心地の良い靴（上図）悪い靴（下図）
左足歩行時荷重のチャート

Com3: MT, Com4: 1T, Com5: 5T, Com6: MF

履き心地は荷重により約 80% 判別されるが、荷重の大きさだけでなく、局所的荷重が履き心地に大きく関わるがこのチャートから明らかにされた。足側面では約 5000g が最大荷重であり、部位別では、第 5 趾腓側 (5T) に最も多い。

② 荷重と靴内滑り量

表 3 に歩行時の瞬間最大荷重とその荷重下での靴ズレ量を被験者 6 名について示した。ただし荷重については単位面積あたり 125g 以下, 125g から 250g, 250g~500g, 500g~1000g, 1000g~2000g 以上と分けて色分け表示とした。履き心地の良し悪しは拘束力によって約 80% 判別されているが、靴内滑り量は履き心地が良い靴でも 4 部位のうち 3 部位において、100cm 以上の飽和状態が 5 サンプルで認められた。

表3 履き心地の良い靴と悪い靴の荷重と 600 歩歩行時の靴内滑り量 Ln(cm)=100 以上は飽和

	MT		1T		5T		MF	
	p(cm ²)	Ln(cm)						
良い靴	A	100.0	16.6	100.0	11.9			
	B	65.4	6.7	30.1	100.0			
	C	100.0	14.7	12.9	100.0			
	D	100.0	9.6	79.4	6.0			
	E	45.0	22.4	35.5	100.0			
	F	11.0	3.1	18.5	47.2			
悪い靴	A	100.0	17.1	79.8	78.3			
	B	31.8	36.5	13.6	64.3			
	C	100.0	20.9	76.2	29.9			
	D	100.0	56.4	28.4	12.8			
	E	100.0	30.1	16.0	15.5			
	F	36.5	12.1	100.0	66.2			

Scale

125 250 500 1000 2000

(3) 今後の課題

本研究では、履き心地の良い靴、悪い靴について、荷重と靴内滑り量の靴内環境を明らかにすることができた。そこで荷重については、フォースゲージなどを用いて精度を高め、データの安定と再現性を高めたい。そして靴内滑り量を、同一荷重下にある靴内滑り量に置き換えることができるため、荷重-滑り量の合成変換直線を求められる。今後、靴ズレ現象について足のせん断変形だけでなく靴による足の摩耗概念に視点を移し、足と靴内の摩擦=足皮膚摩耗と捉え、ここに荷重がどのように関わるかを明らかにすることが検討課題と考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2 件)

細長喜久代, 阿部栄子, 嶋田勝彦: 歩行の靴

による前足部拘束力の計測方法, 日本生理人類学会第 59 回年次大会発表要旨 p 28 (2008) 細長喜久代, 阿部栄子, 嶋田勝彦: 歩行時の靴による拘束力と靴ズレ量の計測と履き心地, 日本衣服学会第 61 回年次大会発表要旨 p 18 (2009)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

細長 喜久代 (HOSONAGA KIKUYO)
 大阪成蹊短期大学・総合生活学科・教授
 研究者番号: 70352961

(2) 研究分担者

阿部 栄子 (ABE EIKO)
 大妻女子大学・家政学科・教授
 研究者番号: 30151088

(3) 連携研究者

嶋田 勝彦 (SIMADA KATSUHIKO)
 名古屋市立大学・芸術工学部・教授
 研究者番号: 40113089