

靴底の形状特性及び材料特性が歩行に与える 影響について (第1報)

歩き易さ感との関係

山 川 勝, 安 東 扇 弥 子*

(武庫川女子大学生活環境学部, * 別府女子短期大学)

原稿受付平成 13 年 6 月 4 日; 原稿受理平成 14 年 5 月 22 日

Relationship between the Properties of Shoe Soles and the Characteristics of Walking (Part 1)

A Study on the Ease of Walking

Masaru YAMAKAWA and Miyako ANDO*

School of Human Environmental Sciences, Mukogawa Women's University, Nishinomiya 663-8558

** Beppu Women's Junior College, Beppu, Oita 874-8567*

In order to clarify the effects of the shape characteristics and material properties of shoes on the ease of walking, we used various types of shoes for a walking-test on a treadmill and stairs. For this study, we used 26 types of shoes, each having different characteristics regarding the bending properties of the sole, the angle of the sole and the shape of the toe-sole. Some relationships between the characteristics of shoes and the ease of walking are clarified through these experiments. In addition, we found out that the ease of walking using various shoes depends upon what type of shoes each subject usually wears.

(Received June 4, 2001; Accepted in revised form May 22, 2002)

Keywords: shoes 靴, walking 歩行, ease of walking 歩き易さ, flexibility of shoe sole 靴底の屈曲性, platform shoes 厚底靴.

1. 緒 言

近年, 若い女性の間に見られる流行現象の一つとして, 厚底靴の着用があげられる。通常の靴底の厚さは約 1 ± 0.5 cm 程度であるが, 5~10 cm や中には 20~30 cm と極端に厚いものもあり, 今やブーツやサンダルなどあらゆるタイプの靴にこの厚底が見られる。

厚底靴は「背が高く見えるから」, 「スタイルが良くなるから」¹⁾ という理由から好んで履かれているが, 一方では, 歩行時の転倒や自動車運転時の危険性²⁾ が指摘されている。また, 女性がよく履いているヒール靴も, 外反母趾への危険性³⁾ や歩行時の転倒等の危険性⁴⁾, その他身体への影響⁵⁾⁶⁾ が指摘されており, 現代の若い女性を中心とした靴の流行は, 靴本来の「歩く」ための機能性より, ファッション性の方が重要視されているといえる。

歩行のし易さは, 靴によって大きく異なり, 靴の形

状特性 (ヒールの傾き具合や厚底靴の靴底先端部の形状) や材料特性 (靴底の曲げ硬さや圧縮硬さ) に深く関係していると思われる。

そこで, 本研究では, 各特性 (形状特性, 材料特性) を変化させた試料靴を作製して歩行実験を行い, 厚底靴やヒール靴の歩き易さ感と靴の諸特性との関係を明確にすることを試みた。

2. 形状特性および材料特性を変化させた試料靴を用いた歩行実験方法

靴に関係すると思われる特性を表 1 に示す。これらの特性を変化させた各種試料靴を作製し, 歩行実験を行った。また, 被験者が普段履き慣れている靴の形状の違いが, 歩き易さ感覚にどのような影響を与えているのかを検討するために, 各被験者が普段履き慣れている靴についても調査した。

表 1. 本研究で検討した歩き易さに関係すると思われる靴の諸特性

形状特性	ヒール角度 ロッカー形状
材料特性	靴底の屈曲性 靴底の圧縮特性

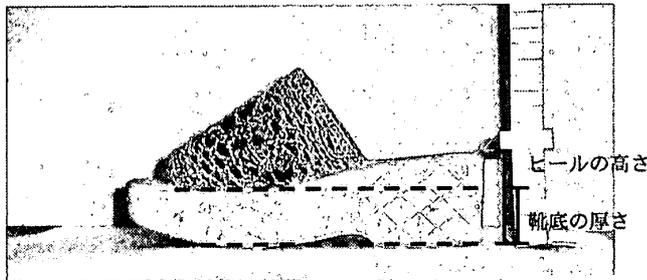


図 1. 厚底のヒール靴

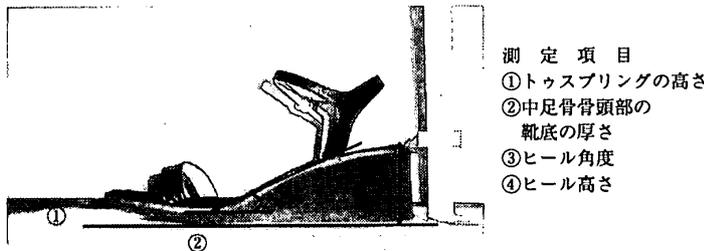


図 2. 履き慣れている靴の測定項目

(1) 作製した試料靴の詳細

1) ヒール角度を変更した試料靴

一般的に、ヒール靴の靴底の傾き具合を表す尺度として「ヒールの高さ」がよく用いられているが、それでは図 1 に示すような厚底のヒール靴の場合、「ヒールの高さ」に靴底の厚さも含まれてしまい、踵をどのくらい上げるヒールなのか正確に表現することができない。また、ヒールの高さが同一であっても、靴のサイズ(足長)が異なれば靴底の傾き角度は異なってしまう。

そこで、本研究では図 2 の ③ に示すように「靴着用時に足の中足骨骨頭部*1と踵が当たる部分を線で結んだ時に、水平面に対してなす角度」を「ヒール角度」と定義し、以後の検討を試みた。

試料靴のヒール角度は 0°, 20°, 30°, 40°, 50° の

*1 足を前足部、中足部、後足部の 3 つに分けた時の中足部を構成する骨の先端³⁾。

表 2. 「ヒール角度変更靴」の設定

靴底の素材	ヒール角度(度)
木材	0
	20
	30
	40
	50
硬質	20
ウレタンスポンジ	40

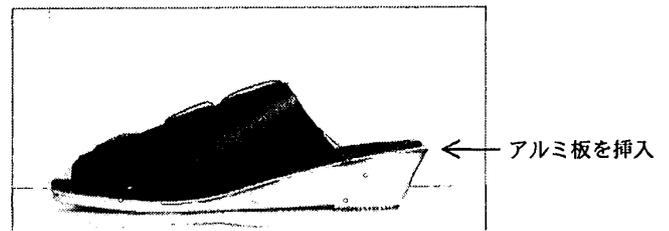
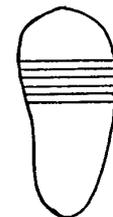


図 3. 「屈曲性変更靴」の一例



底から見た図



側面から見た図

図 4. 靴底の切り込み

5段階に設定し、さらに靴底の圧縮特性を変更させるため、靴底材として木材と硬質ウレタンスポンジ(以下ではスポンジと呼ぶ)材の2種類を用いた。作製した試料靴の詳細を表 2 に示す。

2) 靴底の屈曲性を変更した試料靴

靴底に切り込みを入れたり、中敷と靴底の間に塩ビ板等曲げ硬さの異なる板を挿入したりすることによって、靴底の屈曲性を4段階に変更した試料靴を作製した(図 3, 4, 表 3)。この試料の靴底のヒール角度は全て 20°である。

靴底が曲がりにくいものから順に、靴底と中敷の間にアルミ板を挿入した「アルミ板挿入靴」、同様に塩ビ板を入れた「塩ビ板挿入靴」、何も手を加えていない「非加工靴」、靴底に切り込みを入れた「切り込み試料靴」とし、以下ではこれらの試料靴を「アルミ板挿入靴」「塩ビ板挿入靴」「非加工靴」「切り込み試料靴」と呼ぶことにする。

靴底の形状特性及び材料特性が歩行に与える影響について (第1報)

表3. 「屈曲性変更靴」の設定

曲がり易さの度合い	曲がり易さを変更するための加工方法
大変曲がりにくい	靴底と中敷の間に厚さ 0.5 mm のアルミ板を挿入
やや曲がりにくい	靴底と中敷の間に厚さ 1 mm の塩ビ板を挿入
やや曲がり易い	特別な加工を施さない
大変曲がり易い	靴底に切り込みを入れる (図4参照)

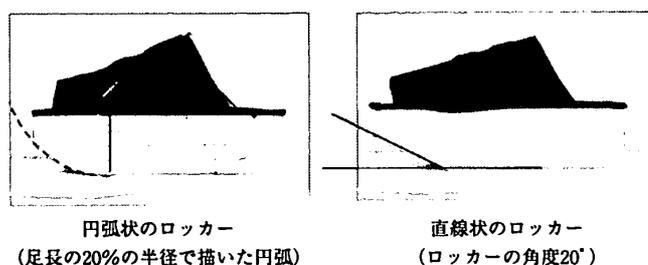


図5. ロッカー形状の設定方法

3) 靴底の先端部形状を変更した試料靴

靴底の先端部の形状を変更した試料靴については、靴底の厚さを5 cmと一定に設定し、靴底の先端部の形状としてロッカー形状を用いた。ロッカー形状には曲線状と直線状の2種類の設定方法がある⁷⁾ (図5参照)。

「ロッカー」とは、歩行が困難な患者に対して処方される靴底の加工法であり、歩行の際に足の運びを円滑にする効果や⁸⁾、足底にかかる圧の減少効果等が報告^{7) 9) 10)}されている。

厚底靴では、足と一緒に靴底を曲げて歩行することができないため、足の運びが円滑にいかず、すり足歩行になることが指摘されている¹¹⁾。そこで、靴底の先端部にロッカー形状を用いることにより、歩行がし易くなると考え、以下に説明する試料靴 (以下では「ロッカー形状変更靴」と呼ぶ) を作製した。

まず、厚底靴におけるロッカーの有用性を調べるために表4-1と図6に示すように靴底がスポンジ製の試料靴3種を作製した。これらの試料靴を用いた予備実験の結果、歩き易さ感覚に差があることが明確になったため、ロッカー形状変更靴を試料に加えることにした。ロッカー形状は円弧状と直線状の2種類とし、円弧の半径およびロッカーの角度をそれぞれ3段階に設定した。また、靴底には木材とスポンジ材の2種類を用いて圧縮特性を変化させた (表4-2参照)。

上記1), 2), 3) に記したように、準備した試料靴は靴底の屈曲性を変化させた靴が4種、ヒール角度変

更靴が7種、ロッカー形状変更靴が15種の計26種である。

試料靴のサイズは、いずれも23.5 cmであるが、すべての被験者に対応できるように、爪先と踵を開放したつっかけの形状を採用した。また、甲部および踵部をすべて覆った一般的な靴のようなフィット性が得られるように、甲部の装着面積を大きくし、さらに、マジックテープで足のサイズに合わせて自由に締め付け具合を調節できるようにした。

なお、靴底に使用する素材が異なっても床面との摩擦その他の条件が変わらないように、すべての試料靴の靴底には同一の布を貼り合わせて用いた。

(2) 被験者

1) 足のサイズ

被験者は足のサイズが比較的似かよった22歳~28歳の女子17名で、平均年齢は25.1歳である。被験者の足の各部の寸法を調べた結果を表5に示す。被験者の足のサイズは個人によって差があるものの、試料靴は上記したように多少のサイズのずれをカバーできるような設定にしているため、各被験者の足のサイズや形が多少異なっても、足とのフィット性を高めることができる。

2) ヒール角度別履き慣れ度

被験者が普段どのような靴に履き慣れているのかによっても、各種の試料靴の歩き易さ感に影響すると考えられるので、事前に調査を行った。

i) 調査方法

被験者が普段どのような靴に履き慣れているのかを知るために、所有する靴の中でも、よく履く靴と判断したすべての靴をデジタルカメラで撮影してもらった。撮影画像から①トゥスプリングの高さ、②靴底の厚さ、③ヒール角度、④ヒール高さを求めた (図2参照)。

また、①~④の靴の形状特性と所有者が普段感じている靴の歩き易さや疲れにくさの感覚との関係についても調べた。なお、「歩き易さ感」と「疲れにくさ感」の評価は似通っているとも考えられるが、両者に

表 4-1. 「ロッカー変更厚底靴」の設定(1)

試料靴名	ロッカー形状の特徴
スポンジ製厚底靴	
タイプ1 (NR1)	ロッカー形状なし
タイプ2 (NR2)	ロッカー形状がないのに加え、靴底の爪先部が前方に長く突き出た形
タイプ3 (R0)	円弧状のロッカー

表 4-2. 「ロッカー変更厚底靴」の設定(2)

円弧状ロッカー	木製	足長の 36.5%の半径で円弧状に設定
		足長の 45%の半径で円弧状に設定
		足長の 70%の半径で円弧状に設定
	スポンジ製	足長の 36.5%の半径で円弧状に設定
		足長の 45%の半径で円弧状に設定
		足長の 70%の半径で円弧状に設定
直線状ロッカー	木製	ロッカーの角度 15°
		ロッカーの角度 20°
		ロッカーの角度 30°
	スポンジ製	ロッカーの角度 15°
		ロッカーの角度 20°
		ロッカーの角度 30°



図 6. 靴底の先端形状が異なる試料靴の設定

表 5. 被験者の足の各部位の平均寸法

測定項目	平均値 (cm)	標準偏差 (cm)
足長	23.0	0.98
足幅	8.67	0.57
足囲	22.4	0.65

差があるかないかを明確にするためにあえて調査を行った。「最も歩きにくい、最も疲れ易い」と感じる靴を1、「最も歩き易い、最も疲れにくい」と感じる靴を5とする5段階で評価してもらった。

ii) 調査結果

表6は①～④の測定結果と、「歩き易さ感」と「疲れにくさ感」の評価の結果を被験者毎に平均値で表している。

被験者毎に履き慣れているヒール角度やヒールの高さ等の靴の形状は様々で、個人差が大きいことが分かる。また、一般的にはヒール角度の大きい靴やヒールの高さが高い靴の方が歩きにくく、疲れ易いと思われるが、普段からヒール角度の大きい靴に履き慣れている人では、ヒール角度の大きい靴であっても「歩き易さ」「疲れにくさ」の評価は総じて高くなっていた。

これより、靴を着用した時の「歩き易さ感」や「疲れにくさ感」は、被験者が普段履き慣れている靴の形状に影響されるといえる。

日頃からヒール角度の大きい靴に履き慣れている人とヒール角度の小さい靴に履き慣れている人とでは、同じ設定のヒール靴であっても「歩き易さ感、疲れにくさ感」の評価に大きな差が生じる可能性がある。そのため、履き慣れ調査から得た普段履き慣れている平均ヒール角度を基準に次のように被験者の分類を行った(表6参照)。

- a. 「ヒール角度の大きい靴をよく履くグループ」
ヒール角度が25°以上の靴に履き慣れている被験者A～Eの5名。
- b. 「中程度のヒール角度の靴をよく履くグループ」
ヒール角度が20°以上25°未満の靴に履き慣れて

靴底の形状特性及び材料特性が歩行に与える影響について (第1報)

表6. 被験者が履き慣れている靴の調査結果

被験者	① トゥスプリングの高さ (cm)	② 靴底の厚さ (cm)	③ ヒール角度 (度)	④ ヒールの高さ (cm)	歩き易さの評価	疲れにくさの評価
A	0.90	0.75	42.00	7.50	4.50	3.50
B	2.08	0.53	41.00	5.60	3.80	3.60
C	1.76	1.40	27.67	5.16	4.13	3.50
D	1.37	0.88	25.33	5.33	3.67	3.44
E	1.45	1.60	25.25	6.00	4.00	4.00
F	0.92	0.97	24.86	4.82	4.14	3.86
G	1.74	3.22	23.00	7.16	3.00	2.60
H	2.00	1.17	21.67	4.60	4.75	4.00
I	1.42	2.42	20.50	5.58	4.33	4.17
J	1.43	1.10	20.00	4.73	3.00	2.50
K	2.10	0.80	20.00	4.00	3.56	3.33
L	1.32	0.82	21.80	3.86	4.00	3.80
M	1.60	1.19	16.27	3.63	4.50	4.60
N	1.42	1.27	16.00	3.87	4.67	4.17
O	1.28	2.06	15.50	4.53	3.69	3.19
P	1.77	1.62	11.25	3.23	4.17	3.33
Q	1.46	1.66	9.75	2.74	3.20	3.40

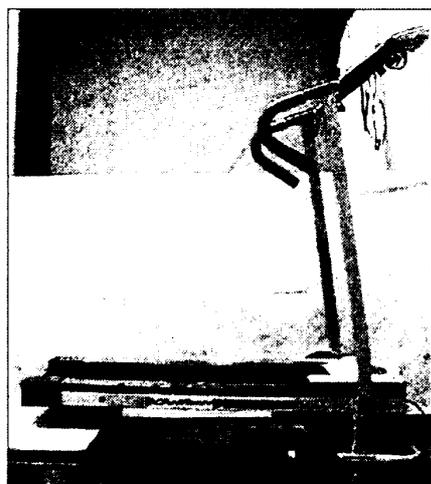


図7. トレッドミル

いる被験者 F~L の 7 名。

c. 「ヒール角度の小さい靴をよく履くグループ」

ヒール角度が 20° 未満の靴に履き慣れている被験者 M~Q の 5 名。

(3) 実験方法および歩き易さ感の判定方法

1) トレッドミル歩行実験

図7に示すトレッドミルは、ローラーの回転速度を自由に設定できるため、各被験者の自然歩行に近い状態で歩行することが可能である。なお、歩行面は水平に設定した。

トレッドミルでの歩行は、通常速度と早足速度の2段階とした。通常速度とは被験者毎の通常の歩行速度である。なお、被験者17名の平均速度は、時速3.2 kmであった。また、早足速度は各被験者の通常速度よりも1.0 km/時速くした速度である。(ただし、ロッカー変更厚底靴については、安全面から通常速度での歩行のみ実験した。)

本実験は、「屈曲性変更靴」「ヒール角度変更靴」「ロッカー形状変更厚底靴」の26種類すべての試料靴と裸足について、被験者17名を対象に行った。

転倒等の危険を避けるため、実験前に各試料靴での歩行に少し慣れてもらい、その後1分間ずつ歩行してもらった。

2) 階段歩行実験

階段歩行実験には図8の階段を使用した。幅55 cm、蹴上げ23 cm、踏み面25 cmで作製し、天井の高さと被験者の身長とを考慮して、3段までとした。

実験は「屈曲性変更靴」、「ヒール角度変更靴」のすべてと、ロッカー形状を角度および円弧で定量的に変化させた厚底靴12種と、ロッカー形状のない「タイプ1 (NR1)」の厚底靴を加えた24種の試料靴と裸足について行った。(なおタイプ2 (NR2) については、予備実験の結果、かなり歩行しにくいことが明らかになっていたことと、転倒の危険性を防ぐためにこの実

験からは省くことにした。また、タイプ3 (R0) については、ロッカーの形状を表4-2のような厳密な設定に基づかずに作製したものであるため、実験から省くこととした。

被験者は(3-1)の実験に参加してもらった17名中4名がこの階段歩行実験への参加が困難であったため、若干減少した。「ヒール角度の大きい靴をよく履くグループ」と「ヒール角度の小さい靴をよく履くグループ」から4名ずつ、「中程度のヒール角度の靴をよく履くグループ」から5名の計13名である。

転倒等の危険を避けるため、実験前に各試料靴での歩行に少し慣れてもらい、その後、被験者毎の自然な速度で階段を2往復してもらった。

3) 歩行時の諸条件および歩き易さ感の判定方法

トレッドミル歩行、階段歩行のいずれの実験も、ストックングや靴下による靴内の滑り等の影響をさけるために、裸足の状態で試料靴を着用してもらった。

また、使用環境はおおよそ温度23℃、湿度60%に

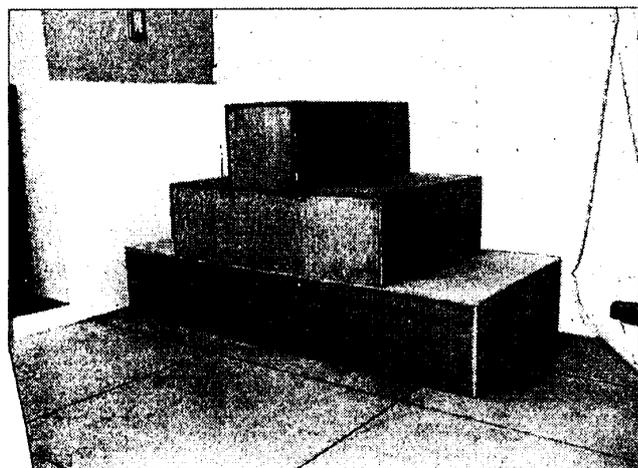


図8. 階段

設定した。実験中の被験者に発汗等の顕著な身体の変化は見られなかった。

各実験とも、歩行直後に試料靴の歩き易さ感覚評価調査を行った。歩き易さの評価は、靴の履き慣れ調査と同様に、「最も歩きにくいと感じたものを1、最も歩き易いと感じたものを5」とする5段階で答えてもらった。

3. 実験結果および考察

実験結果を図9~18に示す。なお、いずれも図中の丸および三角印は平均値を、平均値の上下の幅は標準偏差を表している。なお、それぞれの実験結果の統計解析には、SRI社製のエクセル統計ソフトを用いた。

(1) トレッドミル上を歩行した時の実験結果および考察

1) ヒール角度変更靴

図9は試料靴のヒール角度の違いによる歩き易さ感

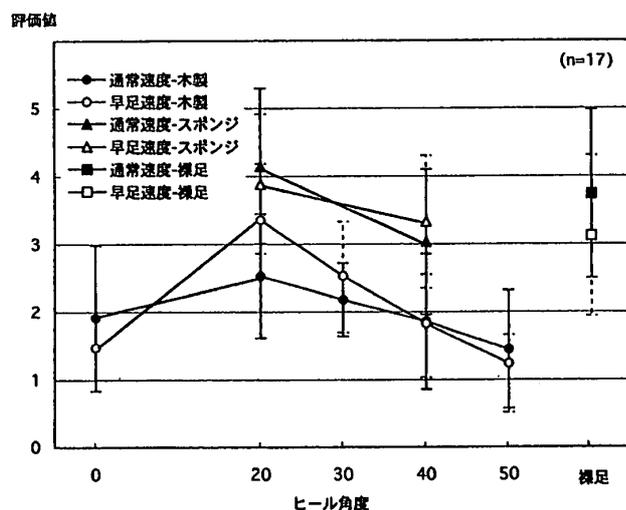


図9. トレッドミル歩行におけるヒール角度別の歩き易さ感覚評価

表7. ヒール角度変更靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (トレッドミル歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	p値	判定
靴底の素材 (因子A)	24.72059	1	24.7206	74.2471	0.0000	**
ヒール角度 (因子B)	16.01471	1	16.0147	48.0994	0.0000	**
被験者 (因子C)	16.12132	16	1.00758	3.02622	0.0166	*
A×B	0.297794	1	0.29779	0.89441	0.3583	
A×C	13.02941	16	0.81434	2.44582	0.0415	*
B×C	7.985294	16	0.49908	1.49896	0.2135	
誤差	5.327206	16	0.33295			
全体	83.49632	67				

*: 5%有意, **: 1%有意.

靴底の形状特性及び材料特性が歩行に与える影響について (第1報)

覚の評価を靴底の素材別、歩行速度別に示したものである。

ヒール角度を0°から50°まで5段階に変化させた、靴底が木製の試料靴の歩き易さ感覚評価値を見ると、通常速度で歩行した時も早足で歩行した時もいずれもヒール角度20°をピークにして値が変化している。その傾向は早足歩行の方が顕著であるが、これは、歩行速度が速くなるとそれだけ歩行に負担がかかるため、ヒール角度の形状の差が歩き易さ感に与える影響が大きくなったためであると思われる。

ヒール角度と歩き易さ感覚評価の関係について分散分析による検定を行ったところ(表7参照)、ヒール角度間において危険率1%と高い水準で有意な差が認められた。

すなわち、ヒール角度によって歩き易さ感は明らかに異なり、あまり傾斜のきつくないヒール角度20°程

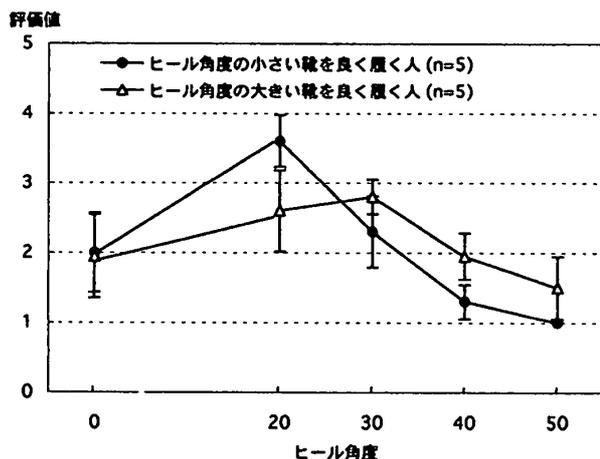


図10. トレッドミル歩行におけるヒール角度変更靴の歩き易さ感覚評価(履き慣れヒール別)

度の靴が最も歩き易く感じられるといえる。また、ヒール角度が全くないものや大きすぎるものは歩きにくく感じられている。

なお、適切なヒール角度の目安として、本実験の試料中ではヒール角度20°のものが最も適当であったが、最適なヒール角度を求めるためにはヒール角度20°付近でもっと小刻みに試料を作製し、実験を重ねる必要がある。

さらに、靴底の素材別に歩き易さ感覚評価値を見ると、靴底がスポンジ製の方が木製よりも明らかに評価が高く、裸足歩行と同じくらい歩き易く感じられていることが分かる。

靴底の素材と歩き易さ感覚評価の関係について分散分析による検定を行ったところ、素材間に危険率1%という高い水準で有意な差が認められた(表7参照)。このことから、靴底は硬いものよりもクッション性のあるものの方が歩き易く感じられるといえる。

次に、被験者の中でもA~Eの「ヒール角度の大きい靴をよく履く人」とM~Qの「ヒール角度の小さい靴をよく履く人」(表6参照)を対象にヒール靴の履き慣れ別の歩き易さ感覚評価の結果を図10に示す。

「ヒール角度の小さい靴をよく履くグループ」は、ヒール角度20°のものを最も歩き易いと評価しており、それよりもヒール角度が小さすぎても大きすぎても評価の値は低くなっている。

一方、「ヒール角度の大きい靴をよく履くグループ」は、どのヒール角度の靴に対しても評価値に大きな差がなく、そこそこの歩き易さを感じている。さらに、ヒール角度が30°、40°、50°と爪先立ちするような設定の試料靴については、「ヒール角度の小さい靴をよく履くグループ」に比べれば総じて歩き易く感じてい

表8. ヒール靴の履き慣れ別にみたヒール角度変更靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表(トレッドミル歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	p値	判定
歩行速度(因子A)	0.504	1	0.504	1.592	0.213	
ヒール角度(因子B)	17.908	2	8.954	28.276	0.000	**
ヒール靴の履き慣れ(因子C)	4.537	1	4.537	14.329	0.000	**
A×B	0.908	2	0.454	1.434	0.248	
A×C	0.338	1	0.338	1.066	0.307	
B×C	0.075	2	0.038	0.118	0.889	
A×B×C	0.075	2	0.037	0.118	0.889	
誤差	15.200	48	0.317			
全体	39.546	59				

*: 5%有意, **: 1%有意.

ることが特徴的である。

この結果を分散分析によって検定した結果、ヒールの履き慣れグループ間にも、ヒール角度間にも、それぞれ危険率1%と高い水準で有意差が認められた(表8参照)。このことから、ヒール角度が大きい靴ほど、被験者のヒール靴に対する履き慣れの差が歩き易さ感覚の値の差としてはっきりと現れるといえる。

2) 屈曲性変更靴

靴底の屈曲性が歩き易さ感覚にどのように影響しているのかを実験した結果を図11に示す。

歩行速度に関係なく、靴底が曲がり易い靴ほど歩き易さの評価は高くなっており、「非加工靴」「切り込み加工靴」はともに裸足を上回る評価を得ている。

また、歩行速度が通常よりも速くなると、歩き易さの評価は全体的に低くなり、特に最も屈曲しにくい「アルミ板挿入靴」では歩き易さの評価が顕著に低い値を示している。

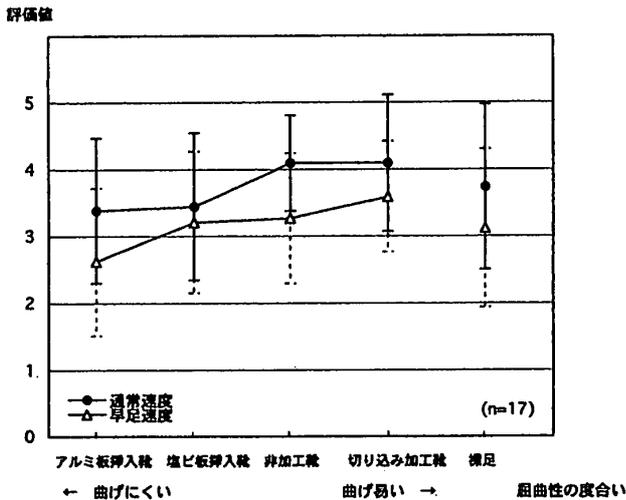


図11. トレッドミル歩行における靴底の屈曲性別の歩き易さ感覚評価

靴底の屈曲性や歩行速度と、歩き易さ感覚評価の関係について分散分析による検定を行ったところ、それぞれに危険率1%という高い水準で有意な差が認められた(表9参照)。

これにより、アルミ板挿入靴のように靴底が殆ど曲がらないものよりもゴム製の非加工靴や切り込み加工靴のような靴底の屈曲性の良い靴の方が歩き易く感じられることが分かる。

3) ロッカー形状変更厚底靴

厚底靴におけるロッカー形状の有用性を調べるために、ロッカー形状のないタイプ1(NR1)、タイプ2(NR2)とロッカー形状を施したタイプ3(R0)の試料靴についての結果を図12に示す。

厚底靴の歩き易さ感覚の評価値は全体的に低いものの、タイプ3(R0)は他よりも高く、この結果について分散分析による検定を行ったところ、1%の危険率で有意差が認められた(表10参照)。

このことから、厚底靴の爪先部分がロッカー形状に

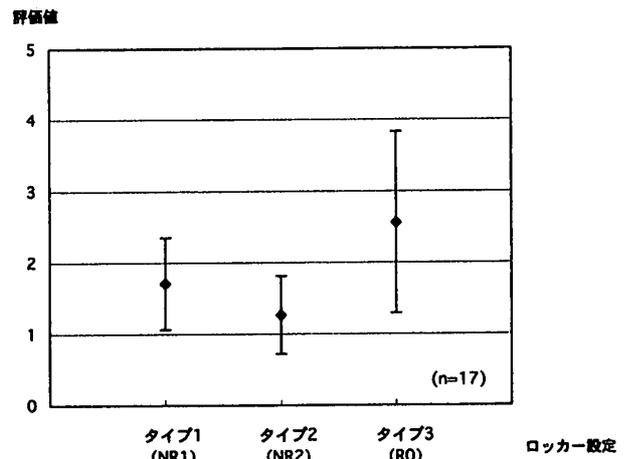


図12. トレッドミル歩行における厚底靴の歩き易さ感覚評価

表9. 屈曲性変更靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (トレッドミル歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	p値	判定
靴底の屈曲性 (因子A)	14.285	3	4.762	9.080	0.0001	**
歩行速度 (因子B)	11.472	1	11.472	21.876	0.0000	**
被験者 (因子C)	56.496	16	3.531	6.733	0.0000	**
A×B	1.858	3	0.619	1.181	0.3268	
A×C	40.121	48	0.836	1.594	0.0549	
B×C	12.121	16	0.758	1.445	0.1617	
誤差	25.173	48	0.524			
全体	161.528	135				

*: 5%有意, **: 1%有意.

靴底の形状特性及び材料特性が歩行に与える影響について (第1報)

なっているものの方が、より歩き易く感じられているといえる。したがって、厚底靴におけるロッカー形状の有用性が期待される。

次に、ロッカーを円弧状と直線状に設定した試料靴の結果を図13, 14に示す。

ロッカーを円弧状・直線状に設定したそれぞれ3水準の試料靴の歩き易さ感覚評価の値に顕著な傾向は見られなかった。しかし、ロッカーを直線状に設定したものよりも、円弧状に設定したものの方が歩き易く感じられている傾向が伺える。

また、直線状のものに関しては、靴底が木製のものよりもクッション性の良いスポンジ製の方が歩き易いと評価されており、この結果について分散分析による検定を行った結果、危険率1%で有意と認められた(表11参照)。

(2) 階段歩行時の実験結果および考察

1) ヒール角度変更靴

図15はヒール角度変更靴の歩き易さ感覚評価を、ヒール靴の履き慣れ別に示したものである。

興味深いことに、「ヒール角度の大きい靴をよく履くグループ」では、ヒール角度が40°と靴底がかなり傾斜した形状の靴を最も歩き易いと感じていることである。「ヒール角度の小さい靴をよく履くグループ」と比較してみても、歩き易さ評価値に2という大きな差が認められる。これは両者のヒール靴に対する履き慣れの差を明確に表しているものである。

ヒール角度とヒール靴の履き慣れの関係について分散分析による検定を行ったところ、ヒール角度については危険率5%で有意であり、また、ヒール角度とヒールの履き慣れ交互作用は危険率1%で有意であった(表12参照)。

2) 屈曲性変更靴

靴底の屈曲度合い別に歩き易さ感覚評価値の傾向を見たところ(図16)、トレッドミル歩行の通常歩行に比べて階段歩行時の歩き易さ感覚評価値は総じて高く、また、靴底がよく屈曲する靴ほど歩き易く感じられている。靴底の屈曲性と歩き易さ感覚評価の関係について分散分析により検定した結果、危険率5%で有意で

表10. 厚底試料靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (トレッドミル歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	p値	判定
厚底靴の靴底先端形状 (因子A)	14.716	2	7.358	17.290	0.000	**
被験者 (因子B)	25.912	16	1.619	3.806	0.001	**
誤差	13.618	32	0.426			
全体	54.245	50				

*: 5%有意, **: 1%有意.

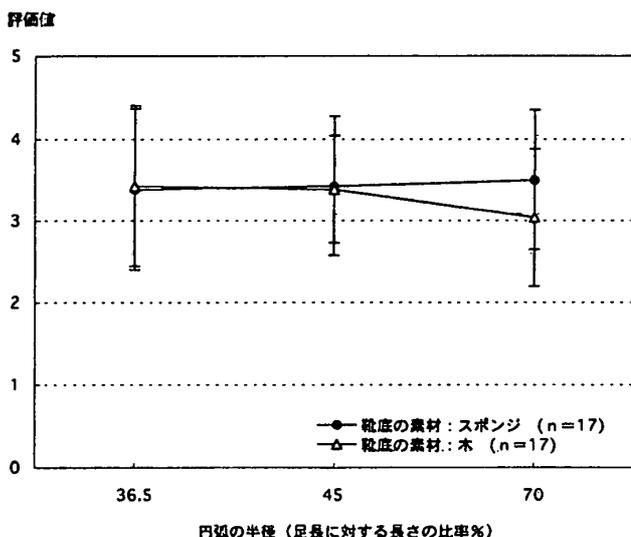


図13. 円弧状にロッカーを設定した厚底靴の歩き易さ感覚評価 (トレッドミル歩行)

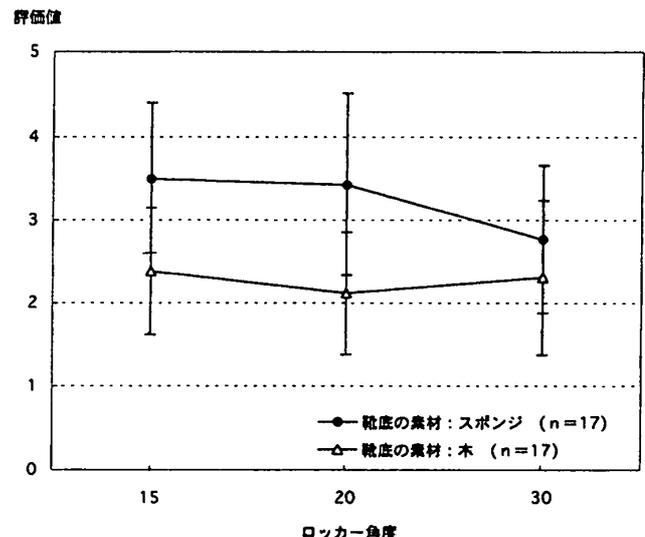


図14. 直線状にロッカーを設定した厚底靴の歩き易さ感覚評価 (トレッドミル歩行)

表 11. ロッカーを直線状に変更させた厚底靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (トレッドミル歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値	判定
靴底の素材 (因子 A)	18.029	1	18.029	30.488	0.000	**
ロッカーの角度 (因子 B)	2.135	2	1.067	1.805	0.186	
被験者 (因子 C)	7.750	12	0.646	1.092	0.409	
A×B	2.558	2	1.279	2.163	0.137	
A×C	15.596	12	1.300	2.198	0.049	*
B×C	24.615	24	1.026	1.734	0.092	
誤差	14.192	24	0.591			
全体	84.875	77				

* : 5%有意, ** : 1%有意.

表 12. ヒール靴の履き慣れ別にみたヒール角度変更靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (階段歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値	判定
ヒール角度 (因子 A)	8.100	4	2.025	3.782	0.013	*
ヒール靴の履き慣れ (因子 B)	1.806	1	1.806	3.374	0.076	
A×B	9.225	4	2.306	4.307	0.007	**
誤差	16.063	30	0.535			
全体	35.194	39				

* : 5%有意, ** : 1%有意.

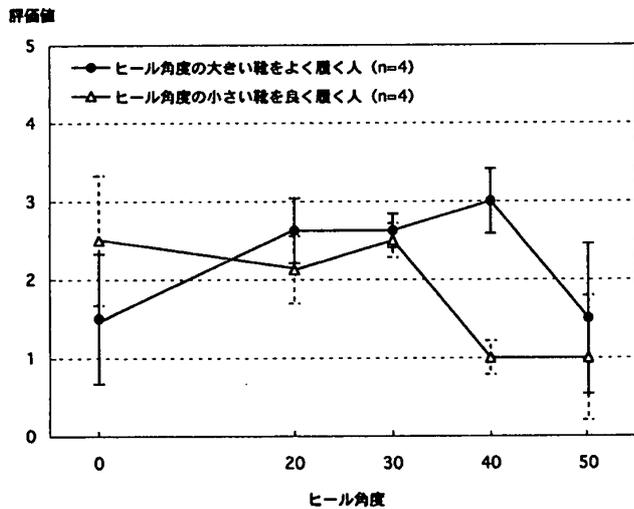


図 15. 階段歩行におけるヒール角度変更靴の歩き易さ感覚評価 (履き慣れヒール別)

あることが認められた (表 13 参照).

3) ロッカー形状変更厚底靴

試料靴の靴底の素材がスポンジ製のものと木製のものとは、スポンジ製の方が明らかに評価値が高くなっており (図 17, 18 参照), この結果を分散分析によって検定したところ, 素材間と歩き易さ感覚評価の関係に危険率 1% で有意差が認められた (表 14, 15 参

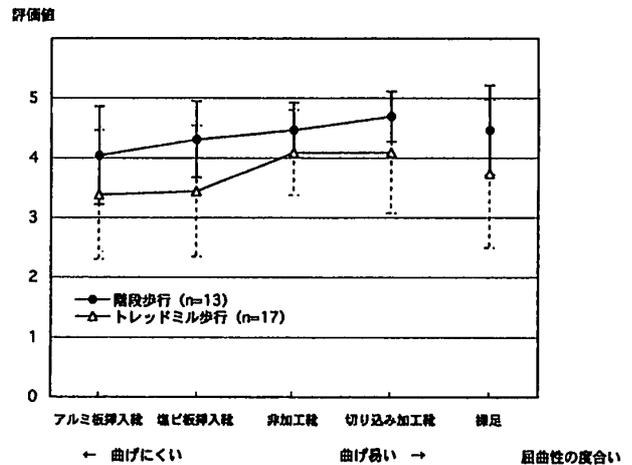


図 16. 階段歩行における靴底の屈曲性別の歩き易さ感覚評価

照). なお, ロッカー設定の度合いと歩き易さ感覚評価の関係に特徴的な傾向は見られなかった.

4. 総括

① トレッドミル歩行において, ヒール角度変更靴では, ヒール角度 20° のものが最も歩き易く感じられており, ヒール角度が大きすぎても小さすぎても歩き易

靴底の形状特性及び材料特性が歩行に与える影響について (第1報)

表13. 屈曲性変更靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (階段歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値	判定
靴底の屈曲性 (因子 A)	2.938	3	0.979	3.398	0.028	*
被験者 (因子 B)	8.625	12	0.719	2.494	0.017	*
誤差	10.375	36	0.288			
全体	21.938	51				

* : 5% 有意, ** : 1% 有意.

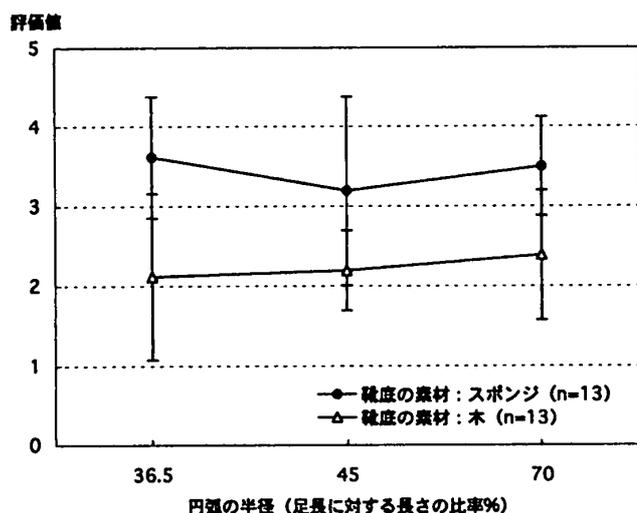


図 17. 円弧状にロッカーを設定した厚底靴の歩き易さ感覚評価 (階段歩行)

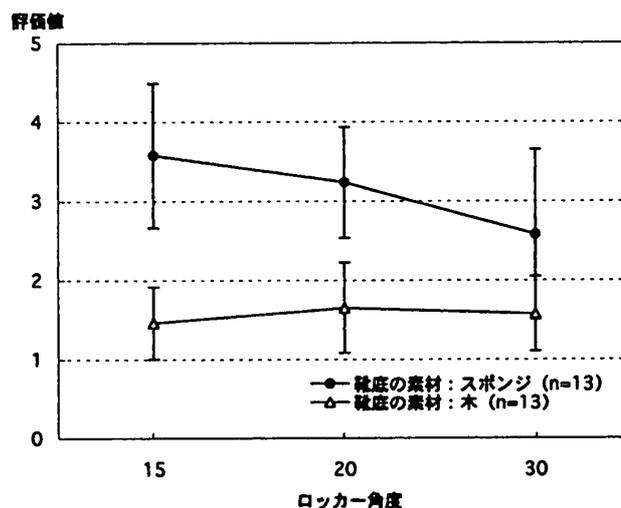


図 18. 直線状にロッカーを設定した厚底靴の歩き易さ感覚評価 (階段歩行)

表14. ロッカーを円弧状に設定した厚底靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (階段歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値	判定
靴底の素材 (因子 A)	28.321	1	28.321	28.290	0.000	**
ロッカーの円弧形状 (因子 B)	0.853	2	0.426	0.426	0.658	
被験者 (因子 C)	10.417	12	0.868	0.867	0.588	
A×B	0.891	2	0.446	0.445	0.646	
A×C	9.263	12	0.772	0.771	0.673	
B×C	13.064	24	0.544	0.544	0.929	
誤差	24.026	24	1.001			
全体	86.833	77				

* : 5% 有意, ** : 1% 有意.

さ感覚評価値は低くなっている。ヒール角度と歩き易さ感覚評価の関係について分散分析による検定を行ったところ、危険率1%という高い水準で有意であった。

② ヒール角度が30°以上の靴底の傾斜がきつい靴において、「ヒール角度の大きい靴をよく履くグループ」の歩き易さの評価値は「ヒール角度の小さい靴をよく履くグループ」の評価値に比べて総じて高く、危険率1%と高い水準で有意であった。このことから、

普段履き慣れている靴の形状の違いが、歩き易さ感覚の評価値に大きく影響を与えていることが分かった。

③ トレッドミル歩行・階段歩行ともに、靴底が曲がり易いものほど、歩き易く感じられており、特にトレッドミル歩行では、危険率1%で有意と認められた。

靴底に屈曲性のないものは、靴底が足の曲げ運動についてこないため、無理矢理に曲げようと余力な力が働いたり、「曲げにくい」という不快感が生じたため

表 15. ロッカーを直線状に設定した厚底靴の歩き易さ感覚評価の分散分析表 (階段歩行)

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	p 値	判定
靴底の素材 (因子 A)	47.705	1	47.705	71.017	0.000	**
ロッカー角度 (因子 B)	2.904	2	1.452	2.161	0.137	
被験者 (因子 C)	7.237	12	0.603	0.898	0.562	
A×B	4.045	2	2.022	3.011	0.068	
A×C	9.878	12	0.823	1.225	0.322	
B×C	8.763	24	0.365	0.544	0.929	
誤差	16.122	24	0.672			
全体	96.654	77				

* : 5%有意, ** : 1%有意.

に歩きにくかったのだと思われる。

④ 厚底靴では、トレッドミル歩行において、靴底にロッカー形状がないものよりも、ロッカー形状を施したもののほうがより歩き易く感じられていた。この傾向は危険率1%と高い水準で有意であった。また、ロッカー形状が直線状のものと円弧状のものとで有意な差は見られなかった。

⑤ 靴底の素材別では、「ヒール角度変更靴」と「ロッカー形状変更厚底靴」のいずれの実験結果からも、硬質ウレタンスポンジ製の試料靴の方が木製のものよりも歩き易く感じられていた。この傾向を分散分析によって検定した結果、「ヒール角度変更靴」、「ロッカー形状変更厚底靴」ともに危険率1%で有意と認められた。

木製のものに比べてスポンジ素材の方が柔らかくてクッション性が良いため、着床時に床から受ける足底の衝撃を緩和し、そのために歩き易さの評価が高かったのだと思われる。

以上①～⑤の結果から、歩き易い靴とは、普段履き慣れているヒール形状の影響による個人差もあるが、一般的には、ヒール角度が約20°とある程度のヒール形状を持つ靴である。また、靴底に屈曲性やクッション性の備わったものの方がよい。

また、厚底靴の場合には、爪先にロッカー形状のあるものの方がより歩き易いといえる。

それぞれの靴の歩き易さ感の差は、自然のスピードで歩いた時よりも早足で歩いた時の方が顕著になることから、靴の購入時等、短時間で靴の歩き易さ感を判

断するには、早足歩行で確認することが望ましいといえる。

引用文献

- 1) 石井照子：厚底靴の危険性，家政誌，**50** (8)，89-93 (1999)
- 2) 朝日新聞 (大阪版)，2000年2月8日，夕刊11面
- 3) 石塚忠雄：『新しい靴と足の医学』，金原出版 (株)，東京，122-123 (1992)
- 4) 永田久雄：ハイヒール歩行の危険性について，靴の医学，**10**，20-24 (1996)
- 5) 倉秀治，石原清一，小原昇，宮野須一，佐々木鉄人，内山英一，山越憲一，黒沢秀樹，片寄正樹：女性のハイヒールによる障害について，靴の医学，**3**，149-154 (1989)
- 6) 倉秀治，石原清一，小原昇，宮野須一，佐々木鉄人，鶴田文男，山越憲一，黒沢秀樹，片寄正樹：女性のハイヒールによる障害について (第3報)，靴の医学，**4**，17-23 (1990)
- 7) 石塚忠雄：『新しい靴と足の医学』，金原出版 (株)，東京，68-78 (1992)
- 8) Nawoczinski, D. A.: *J. Am. Podiat. Med. Assoc.*, **78** (9), 455-459 (1988)
- 9) Schaff, P. S., and Cavanaght, P. R.: Shoe for Insensitive Foot: The Effect of a "Rocker Bottom" Shoe Modification on Planter Pressure Distribution, *FOOT & ANGLE*, **11** (3), 129-140 (1990)
- 10) 新城孝道，照屋亮，布目英男，岩本安彦：糖尿病患者の足趾部・前足部足病変治療目的で使用した履物のロッカー付加の有用性の検討，靴の医学，**11**，45-48 (1997)
- 11) <http://www.ktv.co.jp/ARUARU/search/arushoes/shoes3.htm>