

靴設計のための歩行研究

東京都立皮革技術センター台東支所 中島 健

1 はじめに

ハイヒールやパンプスなどのファッション製品は常に新しさを求めてスタイルや色や材料などを改良している。その効果は爆発的な受注を受ける人気商品になったり、受注が長期間続く定番といえる商品になったりして、市場の反応は様々である。しかし、時にはその変更が重大な欠点につながることもあり、僅かな改良でも試し履きによる最終チェックが必要である。

試し履きに関しては、イギリスの靴規格(BS 5131)「靴および靴材料の試験方法」の中で着用実験の方法を詳細に規定している。それには被験者の選び方から人数、着用する足数や着用方法などの条件が定められている。

着用実験には二通りの方法がある。一つは既存の靴と開発品の靴を左右の足に同時に着用して比較する方法である。もう一方は、開発商品を日常に着用して判定する方法で、デザイン・構造の欠点等を調査する短期間(20日程度)と、耐用性調査の長期間(100日間)の着用がある。両方法とも着用試験途中および終了時に、着用靴の変化と着用者(被験者)の着用感の報告で判断する。

このような着用による官能試験では、多くの肯定者が存在するのに対して否定者も存在することが常である。そのことから改良品を大量生産へ踏み切るか否かの決断は

難しいことであった。明確に判断できる実験的な判定の手立てが求められている。

このことから、多くの靴研究では筋電図や床反力や呼気量などのエネルギー消費面などから評価しようとして様々な方法が検討されてきた。しかし、それらの報告では測定の煩雑さや被験者数の問題等で「靴の性能差を明確に表現していない」との結論で実用化されてこなかった。

そこで、靴の性能を的確に評価する手法を探るため、歩行現象の変化から捉えようと足跡位置や歩行時の荷重変化から開発品の性能差を割り出すことを考えた。今回は、靴の条件を単純にするために靴型やデザイン、使用材料、加工方法を同一にして、ヒールの太さ(細いピンヒールと太いストレートヒール)のみを変えた二種類を製造して、靴が歩様に及ぼす影響から性能差を割り出すことを試みた報告である。

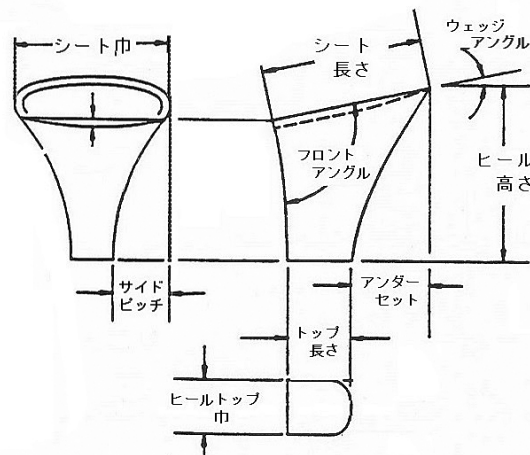


図1 ヒール形状の名称

また、歩様の変化は靴による影響か否かを探るために裸足状態での歩行に加えて、被験者が普段に使用している履きなれた靴での歩行も比較対象とした。

2 実験靴の設計

ヒールの太さが歩行に影響するかの実験では、靴について以下のような注意が必要である。

2.1 靴型とヒール形状

革靴では靴型（ラスト）に甲材料と底材料を密着成形させて作ることから、靴型について理解しておく必要がある。その靴型は足を石膏取りしたコピー型では見映えが悪くだけでなく、足を固定するための締めつけの工夫がなかったり、歩行時の背屈で起きる爪先方向の伸び分を収めるスペースがなかったりして、歩行が困難な靴になってしまう。また、バラツキのない靴を製造するためには、靴型に甲部と底部を分けるはっきりとした稜線（フェザーライン）を作って中底型を確定することも重要な工夫の一つである。

さらに、歩行時の足部動作を円滑にするために、トウスプリングやヒールピッチやボール部の湾曲等がヒール高さによって底面に形付けられている。これらの靴型への工夫は靴メーカーにとって長年にわたって改良してきたノウハウの塊として門外不出になっている。このことから靴型には統一された測定方法と分類方法がないので、今回の実験用靴の靴型は大量生産のモデルを用いた。

2.2 実験靴の仕様と被験者

甲部のデザインは多くの女性が日常でも多く着用するパンプス（コートシュー）タイプのハイヒール（ヒール高5.5cm）とした。同一タイプの靴型で多くのフィッ

ティング適合者を求めるために、ウイズはEタイプでサイズは足長が23.0、23.5、24.0の三種類とした。

使用している主要材料は以下のとおりである。

甲材料は牛革（キップ1.2mm厚）で無飾りのプレーンパンプスのデザインとした。裏材料はクロムなめしのライニング用に仕立てられた牛革である。底材料は加硫ゴム（SBR）3.5mm厚で硬度はJIS A85度を使用した。中底は2mm厚のパルプボードで鋼鉄製シャンクとファイバーボードのシート部を補強した標準的な仕様である。

ヒールはABS樹脂で成型された革巻きの仕上げである。トップピースは熱熔融ポリウレタン製で、ヒールの形状は図1による。

	トップ長さ	トップ巾	アンダーセット
太ヒール	28mm	9mm	8mm
ピンヒール	9mm	8mm	10mm

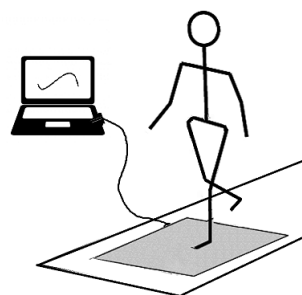


図2 歩行実験のイメージ

被験者は用意した3サイズの実験靴に的確にフィットする22、23歳の女子学生から募り、11名を選ぶことができた。足型はレーザー式三次元足型計測器で測定して、靴へのフィッティングを確認した。

歩行測定装置

歩行の足跡を計測するために床面の圧力分布を測定する装置（図2）（株）ニッタ製ゲイトスキャンVer3.2）を使用した。その圧力センサーは加わる力に応じて電気抵抗

値が変化する特殊インキが塗られた0.2mmのフィルムで作られている。その被膜シートは行電極と列電極が5mm間隔の格子状に配置されていて、その交点が力の検出点となっている。検知できる幅が500mm、長さが3.6mの実験路である。そのセンサーシートを被験者が意識しないで自然歩行するように、助走路と通り抜け路を設けて合成シートでカバーした。

センサーのサンプリング速度は10msec(60Hz)である。

3 歩行実験の結果

3.1 歩行パラメータ

歩幅

歩幅は一回の歩行でセンサー上を4から6歩で通過した。それを4回繰り返した値を個人ごとに平均値と標準偏差値を得た。また、その測定値がつまずきやふらつきの異常値を除外するために中央値と平均値を比較して判断した。

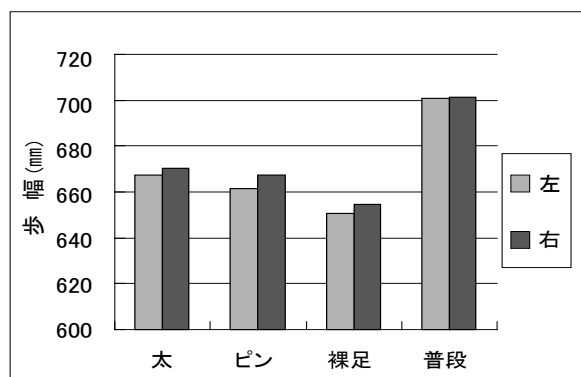


図3 歩幅への影響

全ての被験者が、履きなれた普段靴では、歩幅を広く歩行した。また、細ヒール靴より太ヒール靴の方が歩幅を広く歩行した。また、裸足の歩幅は靴の着用時より全ての被験者が狭くなっている(図3)。これは非日常的な行動であり、不慣れな歩行のためと考えられる。広い歩幅で歩けることは履きよさを示しているといえよう。

歩行速度

歩行速度は左右の歩幅ごとに要した時間から割り出して、時速に換算した。個人差が大なるものの、裸足、ピンヒール、太ヒール着用での性能差は図4から明らかである。特に、これまでの多くの報告で基準として扱ってきた裸足歩行は、速度においても日常の歩行と比較できない対象であることを示している。

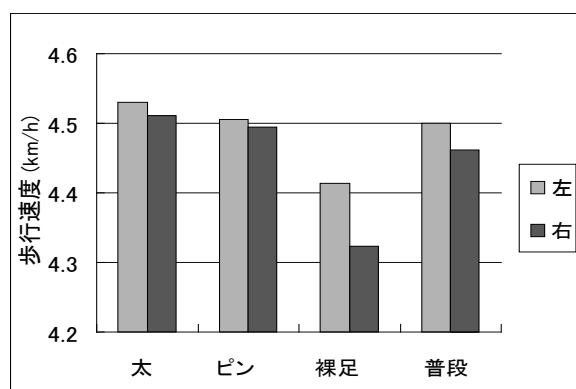


図4 歩行速度への影響

接地時間比

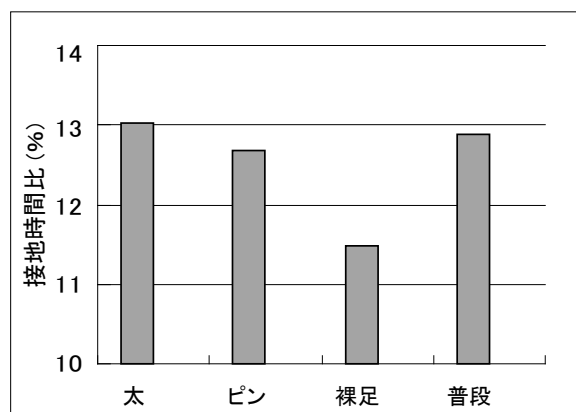


図5 接地時間比

接地時間比は高齢化によって、比率が高くなるとの報告もあり、重複歩時間と両足接地時間から割り出した。太ヒールがもっとも接地時間比が安定した歩行ができるものの、裸足でもっとも短くなっている(図5)。安定した歩行が出来るか否かの指標になるとされている。

3.2 床反力

床反力は片足の接地面に加わったトータル荷重を10msecごとに検出される。図6は被験者一人がピンヒール靴で歩行した4回（左足12歩）の床反力を重ね書きしたグラフである。

グラフには2つ山が出来ている。最初(左側)の山はヒール部が着地時に体重を受け止めた力である。次の山(右側)はボール部でけりだした時の力を現している。

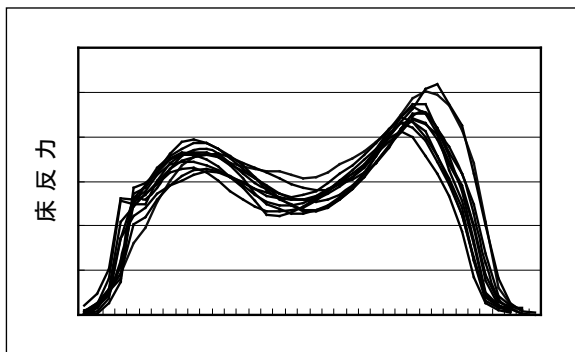


図6 ピンヒールで12歩の床反力を重ね書き

その12回(歩)のデータを裸足、太ヒール靴、ピンヒール靴ごとに平均して、重ね書きしたグラフが図7である。この平均化したグラフで靴種や足の左右差で体重移動の状態を明確にすることが出来た。

点線は裸足での歩行時の床反力の経過である。ヒール着地直後に最も強く床面に衝突していることと、床面に接触している時間が短いことが分かる。

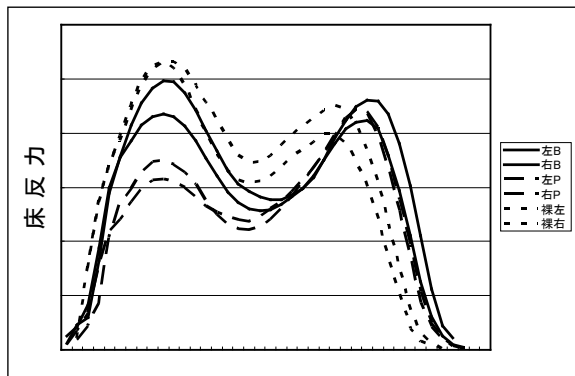


図7 被験者1人の靴種・左右ごとの床反力

破線はピンヒール靴である。ピンヒールでの着地は不安定なことから静かな着地を余儀なくされた歩様である。着地後は裸足や太ヒールでの歩行と同じに蹴りだし(トゥオフ)になっている。被験者11人が同じ傾向を示したことで履物の影響を知ることができる。

4 考察と課題

靴種によって歩幅や歩行速度、床反力などに個人差はあるが、同じ傾向を示したことは、靴の性能を見極める手立てとなることを示している。

さらに、床反力の荷重中心(COP)は、裸足では足の運びが従来から言われている「煽る足運び^{あお}」を示しているのに対して太ヒール靴では外向きの体重移動をしている。COPの分析からも靴の着用と裸足での歩行の比較はできないと考える。

また、COP分析からはピンヒール靴と太ヒールでは着地時に安定性の違いを示していることから比較検討する手段となろう。

これらのヒール形状差の影響を足跡分析から判断できたことから、ヒール設計時のアンダーセット距離(図1参照)の変更やヒールトップ長さよりトップ幅を長くしてヒールコンタクトを安定させたヒールの特長を明らかに出来る。

さらに、歩幅や床反力の左右差はフィッティング条件に考慮しなければならないことが解った。

おわりに

「靴技術の基礎」としてのこの報告は、昭和女子大学の角田由美子氏のご協力のもと成し得たものです。