

靴底の変形が身体に及ぼす影響の検討

富田 明美*・中村 けい

Effects of the Transformed Shoe soles on the Body

Akemi TOMITA and Kei NAKAMURA

1. はじめに

街行く若い女性の中で、左右の膝が離れ、両足の間隔が狭くなった状態で歩くいわゆるO脚、左右の膝をつけ両足を離して歩くX脚、また、膝を屈曲させてすり足で歩く姿が目立つようになった。踵部分が固定されていないミュールや前傾角度が大きいハイヒール靴・ファッション重視の不適合サイズ靴の着用、また、ファッション靴が比較的安価に求められるようになり、靴底が磨耗して接地面が傾いても修繕をすることなく履き潰すようになったことも要因と推察される。かのマリリン・モンローの腰を大きく左右に振るセクシーな歩き方「モンロー・ウォーク」は、靴をあえて変形させることで実現したという話も伝えられており、靴底の変形が歩行姿勢に及ぼす影響は少なくないと考えられる。

靴着用による生体負担について、倉ら^{1)~3)}は、ヒールが高くなると歩行の安定性が低下し、靴底の前傾角度が大きくなることを指摘した。一方、石毛ら^{4),5)}は、踵が低すぎる靴は脈拍数、歩行パターンや筋放電量、換気量の面で不利であると述べている。また、大西ら⁶⁾は、ミュールのヒール形状とストラップの有無が歩行時の筋負荷に及ぼす影響を筋電図から評価し、甲ストラップの装着により前脛骨筋への負荷は消失することを示した。斎藤ら^{7),8)}は、男子学生および高齢者を被験者として距骨下関節の衝撃加速度、下肢角度、足圧中心奇跡および下肢筋放電量を測定し、靴底外側部分の磨耗が進行すると靴の安定性が低下することを示した。しかし、この研究は、デザインがほぼ画一的で靴底の接地面積も広い男子用靴が対象で、形崩れの要因が複雑な婦人靴をこれに対応させるには無理があると考えられる。

そこで、本研究では、婦人靴の着用過程で生ずる靴の変形が歩行姿勢、歩行パターンおよび脚部・足部に及ぼす生理的・動作的・心理的影響について本学学生を対象として検討した。

* 生活科学部 生活環境デザイン学科

2. 靴の形崩れ実態及びアンケート調査

若い女性が着用する靴の形崩れの実態を把握するため、本学学生 61 名の着用靴を撮影するとともに、98 名を対象としたアンケート調査を実施した。

着用靴の実態調査では、形崩れた靴を修理なしで着用している学生が 90% 以上にものほり、形崩れの状態は靴底リフト（踵）の外側の磨耗が 60.7% であることがわかった。また、アンケート調査では、94.6% が形崩れを感じており、気になる形崩れについて、84.9% が「リフトの減り」と回答した。そのうちの過半数が「外側」と部位を特定した。形の崩れた靴の修理については、「必ず修理する」と「ほとんど修理する」が 22.6% にとどまった。そして、着用靴の形崩れは認識しているが、靴購入時に形崩れを考慮することはないことがわかった。着用靴のアイテムは、夏季、冬季ともにパンプス、スニーカーが多く、夏季にミュール、冬季にブーツが増加することがわかった。

これらから、若い女性は形の崩れた靴を日常的に着用していることが裏付けられた。この結果を踏まえ、形の崩れた靴着用による身体への影響を検討するための実験を設定した。

3. 実験方法

3.1 歩行実験と測定

靴の形崩れが姿勢に及ぼす影響を検討するために歩行実験を実施した。

被験者は足の自称サイズが 23.0 ~ 23.5cm の 10 名とした。実験靴としては、ハイヒールのミュール（以下ミュールと称す。）を 2 足、ローヒールパンプス（パンプスと称す。）を 2 足、スニーカーを 2 足用意した。そして、2 足の実験靴のうち一方に、上述の形崩れ実態調査で明らかになった靴底の変形状態を靴修理専門店に依頼して再現した。表 1 に実験に用いた靴を示す。

歩行実験は、図 1 に示す一連の動作（1 サイクル）とし、トレッド・ミル（TUNTURI ELECTRONIC JOGGING MACHINE 502）を使用した場合とフラットな床の場合で行った。トレッド・ミルでの歩行実験は、トレッド・ミルの傾斜角度を 0° に設定し、被験者の安全を考慮して通常歩行時より低速の時速 3km の速度で行った。実験手順は、トレッド・ミルによる 5 分間の歩行練習を行った後、裸足、実験靴 3 種 × 2 を着用の計 7 条件について行った。なお、実験は、順序の影響を少なくするためランダムとし、条件を変えるごとに 5 分間の椅座位による休憩を挟んで行った。撮影は 2 分間行い、歩行姿勢解析のため、後半の 1 分間を後方、右側方よりビデオカメラ（SONY 製 Digital Handycam DCR-TRV30）で撮影した。歩行実験後、各実験靴における歩きやすさに関する評価を実施した。フラットな床面歩行は、生活科学部棟廊下で行った。実験手順は、トレッド・ミル使用と同様であるが、ペース配分は被験者の日常歩行とした。なお、撮影は、スペースの関係でカメラを固定し、後方からのみ行った。

解析は、取り込んだ右側面画像、後面画像ともに足・靴底全体が床面に接地して立脚側に体重がかかる足・靴底接地期のものを使用した。右側面画像における上体の傾きは、頭頂点から床面への垂直線を基準に測定した。また、膝関節屈曲角度は、腸骨稜点、膝蓋骨中点、外果点を結んだ線を設定して測定した。

靴底の変形が身体に及ぼす影響の検討

表1 実験靴の概要

靴種	状態		重量 (g)	ヒール 高(cm)	上 面	側 面	後 面
ミュール	変形前 (実験靴1)	左	186.78	9.4			
		右	189.62				
	変形後 (実験靴2)	左	185.89	9.4			
		右	188.76				
パンプス	変形前 (実験靴3)	左	114.43	1.7			
		右	110.50				
	変形後 (実験靴4)	左	113.26	1.6			
		右	109.98				
スニーカー	変形前 (実験靴5)	左	311.57	-			
		右	316.77				
	変形後 (実験靴6)	左	318.23	-			
		右	323.22				

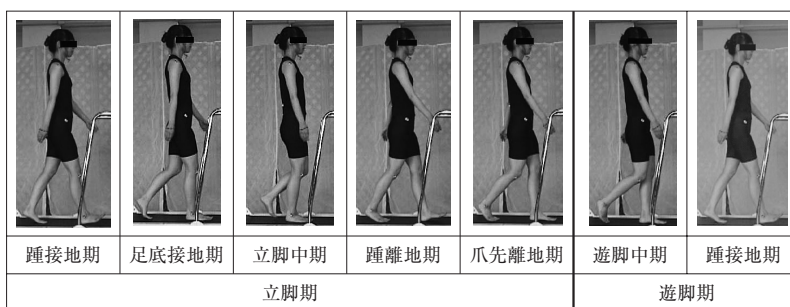


図1 歩行実験の1サイクル

3.2 靴底接地面積の測定

靴底の接地面積は、フットプリンター (GLOBUS BERKEMANN) を用いて靴底の形状を採取した後、デジタルプランメーター (株内田洋行製 KP-92) を用いて測定し、靴底変

形の有無が接地面積に及ぼす影響を検討した。このフットプリンターによる靴底形状は、垂直方向の圧力が強いとインクの色が濃く転写されるので、精度は低いですが圧力分布の検討資料にも用いることにした。

被験者は、歩行実験に用いた被験者の中から、歩行姿勢に乱れが見られた2名、姿勢の乱れがあまり見られなかった2名、計4名を選出した。実験靴は3.1と同様とした。

3.3 筋電図の導出と解析

靴底の変形が下肢筋に及ぼす影響を検討するため、直立静止時、歩行時における前頸骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋、大腿直筋の筋放電量を測定した。歩行パターンは、100steps/minの速度にメトロノームを設定し、これに合わせ、静止6秒間、歩行24秒間、静止6秒間の一連動作とした。被験者は実験3.2の実験と同様とし、実験靴は3.1と同じものを裸足で着用させた。測定筋上には円盤電極 BLUE SENSER (NEC メディカルシステムズ(株)製)を装着し、マルチテレメーター 511 (日本電気三栄(株)製)にて放電量を増幅するとともに、全波整流の後に積分した(多用途生体情報解析プログラム BIMUTASTM)。なお、信号は、収録用 A/D 変換ボード ADJ-98 (カノープス(株)製)を介してパソコンに取り込みサンプリング周波数 1kHz で記録した。

4. 結果および考察

4.1 靴底の変形と着用感

歩行時の実験靴着用感についての評価結果を図2に示す。ミュール、パンプス、スニーカーのいずれも、靴底が変形した靴は、変形前の靴よりも評価が低く、不快感を与えていることがわかった。靴の種類に着目してみると、ミュールは、変形前と後のいずれも、他

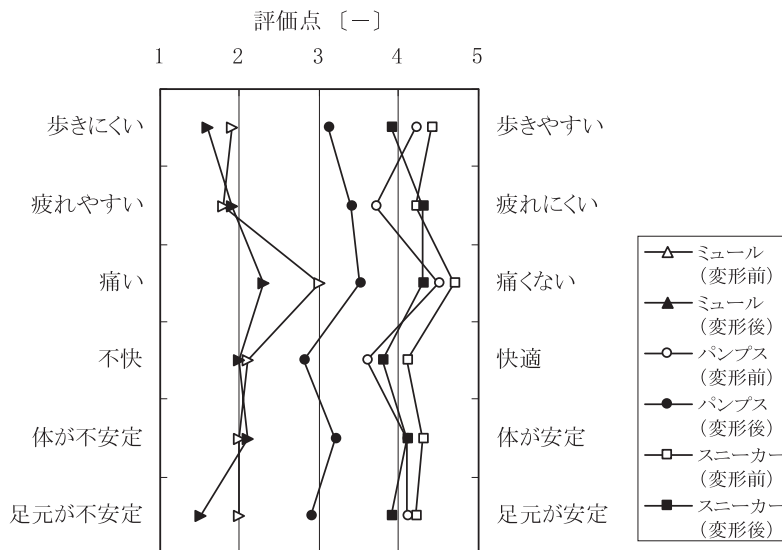


図2 靴の着用感評価結果

の靴よりも評価が低い。特に、変形後に大きく評価が低下している項目は、「痛み」「足元の安定度」であった。ミュールのヒールは細く、減ることによって接地面が縮小して足元がふらつき、足部に負担がかかり、痛みを訴える被験者が多くなったと考えられる。「歩きやすさ」「快・不快感」も変形後のミュールの方が低い評価となった。パンプスでは、変形前よりも変形後において、全項目の評価が低くなり、靴底が変形したパンプスの着用は、不快感を与えと言える。スニーカーにおいては「疲れやすさ」を除いて変形した靴の方が低い評価であった。「疲れやすさ」はミュール着用時においても変形前の評価が低く、短い実験時間内では的確に評価できない項目であったと判断される。

4.2 靴底の変形と歩数

各実験靴着用時の歩数測定結果を図3に示す。ミュールとパンプスにおいては、変形前より後の方で歩数が増加した。歩数が増加した原因として、変形後のミュールやパンプスのヒールは、接地面積が小さく、不安定なため、上体や足元がふらつきやすくなることで歩幅の減少に拍車がかかり、日常的な歩行とは異なった歩幅になったからと考えられる。スニーカーでは、変形前と後の歩数には差がほとんどなく、靴底の変形が歩幅に影響することはないと言える。

4.3 靴底の変形と歩行姿勢・膝関節角度

まず、トレッド・ミル使用による歩行姿勢を、右側面静止画によって比較した。裸足に比べてミュール着用時は、前傾姿勢で目線が下がり、腕の振りが大きくなる傾向が観察された。腕の振りが大きくなるのは、上肢で上体および足元のふらつきのバランスをとっているためと考えられる。パンプスとスニーカーには、変形前・後ともに歩行姿勢の乱れはほとんど見られなかった。

各実験靴着用における歩行時の膝関節角度の測定結果を図4に示す。ミュールの場合、アウトソールが削られていることで一層膝関節角度が小さくなり、膝を大きく曲げていることがわかった。アウトソールが削られて不安定になった状況下では、膝を大きく屈曲し、姿勢の安定をはかる必要があるのではないかと推察される。佐野ら⁹⁾の研究においても、ハイヒール靴着用歩行時の立脚期の前半は膝関節がより大きく曲がった状態であると報告されており、本実験結果は妥当であると考えられる。パンプス、スニーカーにおいては変形前と後で膝関節角度の差は認められない。トレッド・ミル上のミュール着用による歩行は、パ

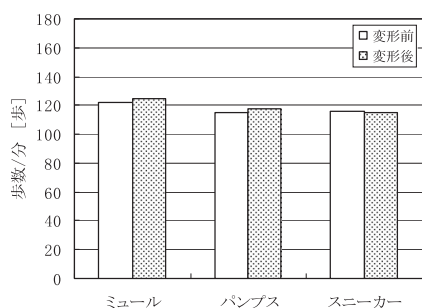


図3 靴底の変形と歩数

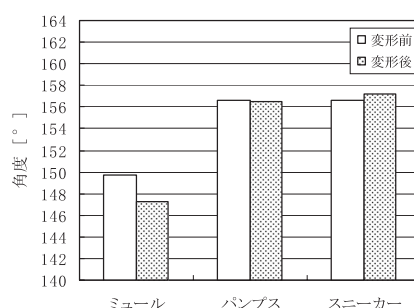


図4 靴底の変形と膝関節角度変化

ンプス・スニーカーに比較して上体の傾きを招くとともに、膝の屈曲が増し、アウトソールの減りでさらに傾向は増大することがわかった。

フラット面の床歩行時においても、靴底が変形した靴、特にミュールを着用した場合に、歩行姿勢の乱れが観察された。トレッド・ミルを用いた歩行実験において観察された姿勢の乱れは、トレッド・ミルの機構に加えて、靴の変形の影響が大きいと解釈される。

これらより、形が崩れた靴、特に形が崩れたハイヒールのミュールで歩行することは、膝関節や、下肢筋に負荷を与えることが懸念される。

4.4 靴底の変形と接地面積

各実験靴着用時の接地面積測定結果を図5に示す。ミュールの前底では、変形前よりも後の接地面積が大きくなった。また、フットプリンターより得られた足圧分布の様相から、ヒール底が削れたミュールでは、前底（爪先側）の足圧が強くなる傾向が見られた。これは、ミュールのようにヒールが高い靴の場合、ヒール部分が磨耗して不安定になると底が安定した先端部、つまり前底で体位を支える必要性が生じて前傾姿勢になり、重心が前底側に移動するためと考えられる。上述の歩行姿勢の観察において、ヒール底が削れたミュールでは、前傾姿勢になり、上肢でバランスをとって歩き、歩行姿勢が乱れたことを捉えたが、接地面積および足圧分布より、このことを裏付けたと考えられる。なお、ヒール底については、外側が削れたことで、接地面積は減少した。ローヒールパンプスにおいても、ミュール着用時に見られたような前底側に重心が移動する傾向は見られたものの、ミュール着用時ほど顕著ではない。スニーカーは、若干ではあるが変形前よりも変形後の接地面積が小さくなった。スニーカーは、ミュールやパンプスとは異なりヒールのないベタ底であるため、裸足時の足圧分布と類似した傾向が見られた。スニーカーは、アウトソールが減っても靴全体の接地面積が大きく、歩行姿勢が乱れるなどの影響はほとんどないことが判明した。

ハイヒール靴着用時における身体の重心動揺について、宇留野¹⁰⁾らは、ハイヒール靴着用時には閉眼時において重心の動揺が大きく、ヒールの底面積の大小よりも、ヒールの高

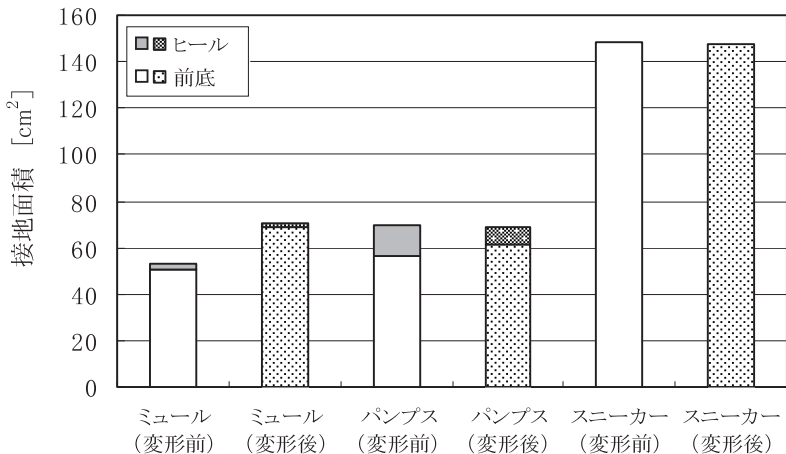


図5 靴底の接地面積

さの影響が大きいですが、開眼時では視覚により身体の平衡感覚が保たれ、重心の動揺は見られないと報告した。しかし、本研究では、開眼状態で実験を行ったにも関わらず、靴底外側が削れたミュールやパンプスを着用した場合には、前方への重心移動がみられた。これは設定した靴の形崩れ状態、つまり、アウトソールの磨耗が平衡感覚で保持できる姿勢の限界を超えたためと推察する。この点については、追実験を行う必要があると考える。

4.5 靴底の変形と筋負荷

各種実験靴を着用して歩行時の筋電図を導出した。本研究では、靴の形崩れが及ぼす筋負荷を検討するため、変形後の靴着用時の筋放電量（積分値）を変形前の筋放電量（積分値）で基準化した変動率を適用した。なお、測定は静止時5秒間、歩行時20秒間とした。

図6に静止時、図7に歩行時の筋放電変動率を示す。靴底が変形したミュールは、前頸骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋において負荷が大きくなることが認められる。特に前頸骨筋においては、靴底が変形したミュールはヒールの安定性が悪く、足関節の内反が起り易くなり、負荷の増大が著しくなったと考えられる。また、腓腹筋・ヒラメ筋は、踵部が不安定なために前方に体重が移動し、足関節の底屈を引き起こしたことが負荷の増大につながったと推察される。ミュール着用歩行時では、いずれの筋においてもほとんど変動は見られず、歩行時には靴底の変形の影響はほとんどないと言える。

パンプスにおいても前頸骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋、大腿直筋のいずれにおいてもプラスの変動が見られ、靴底の変形は筋への負荷を増大することが確認できた。また、歩行時であっても、前頸骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋、大腿直筋のいずれにおいても変動が認められ、靴底の磨耗は筋に負荷を与えることを示した。

スニーカーでは、静止時・歩行時ともに、前頸骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋、大腿直筋いずれにおいてもプラスの変動がみられ、ミュールやパンプス程ではないが、靴底の磨耗は筋に負荷を与えていることがわかった。

本研究で対象としたミュール、パンプス、スニーカーのいずれの靴も、靴底の変形前より変形後の方が筋放電は大きく、靴底の磨耗は、身体に影響を及ぼすことが確認できた。特にミュールとパンプスでその傾向が強い。つまり、靴のデザイン要素であるヒールの高さ、接地面積の大小が下腿筋への負荷に関与すると言える。ヒールの高いミュールは立っただけでも不安定で、筋に大きな負荷を与え、パンプスとスニーカーは日常的に履き

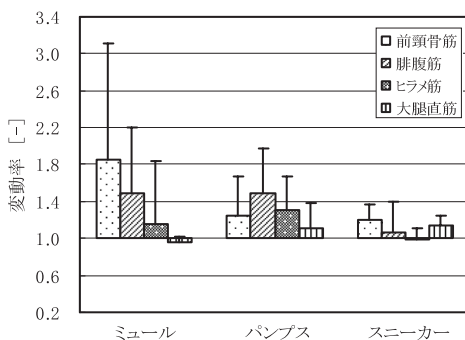


図6 静止時における筋放電量変動率

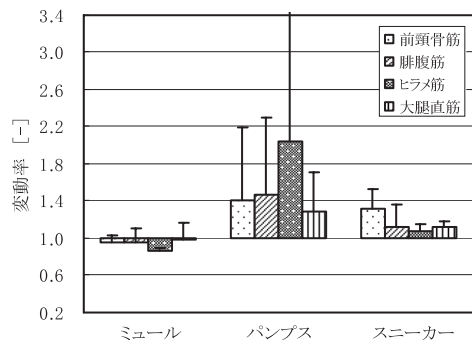


図7 歩行時における筋放電量変動率

なれていることから、靴底の変形の影響を受けやすく、筋への負荷も増大したと考えられる。小川ら^{11),12)}の研究で、個人差はあるがヒールの高さにより、前頸骨筋・腓腹筋の活動が低下するとこれを補うように大腿直筋が活動すると指摘されている。本実験においても、実験靴や被験者によっては、靴底の変形前よりも後で活動が低下する筋と活発になる筋があったことから、ヒールの高さおよび靴底の変形も筋の活動に影響を及ぼすと言える。古田¹³⁾らは、ヒールの高い靴においては、前後屈、屈伸、踏み台昇降のいずれの動作においても腓腹筋の放電量の増大が認められたと報告しているが、本実験においても、パンプスとスニーカーならびにミュールの直立静立時には、変形前より後の靴で腓腹筋とヒラメ筋の筋放電量が増大した。このことから、ヒールの高い靴だけでなく、靴底が磨耗した靴は、腓腹筋、ヒラメ筋から構成される下腿三頭筋において常時筋収縮を起こしていると推察される。

5. まとめ

本研究では、着用靴の形崩れが身体に及ぼす影響を検討するために、着用靴の形崩れの実態・アンケート調査を行うとともに、実態調査で明らかになった靴底の磨耗状態を再現した靴を用いて歩行実験を行い、姿勢、膝関節角度、靴底の接地面積、筋負荷を測定した。結果の要約は以下のようである。

- 1) 実態調査より、若い女性の多くが形の崩れた靴を着用しており、そのうちの91.8%がリフトの磨耗で、しかも60.7%がアウトソールであることがわかった。
- 2) アンケート調査でも、94.6%が形崩れを感じ、形崩れの部位・状況は、実態調査と一致した。形崩れの修理を行っているのは22.6%で、若い女性のほとんどが1足の靴を履き崩している実態が明らかになった。
- 3) 歩行実験より、アウトソールが変形した靴は、着用感を低下させることがわかった。また、変形の有無にかかわらずハイヒールのミュールは、歩数が増え、上体が前傾し、膝の屈曲が大きくなり、さらに、靴底が変形すると、その傾向が一層強くなり、足部爪先に重心が偏り、前傾姿勢になることが確認された。直立静止時の筋電図から、ミュール、パンプス、スニーカーのいずれの靴においても、靴底変形前より後の方で筋放電量が多くなり、靴底の変形は筋により大きな負荷を与えていることがわかった。
- 4) 若い女性は、形の崩れた靴であっても修理することなく着用しているが、下肢にかかる生体負担は大きい。健康面・機能面からも身体に対する影響が大きいことを認識する必要がある。

謝辞

本研究は、卒業研究として実験を遂行した足立奈美さん・草野恵さん（平成17年度卒業生）のデータを用い、まとめたものである。ここに記して両氏への感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 倉秀治, 石井清一, 小原昇, 宮野須一, 佐々木鉄人, 内山栄一, 山越憲一, 黒沢秀樹, 片寄

靴底の変形が身体に及ぼす影響の検討

- 正樹：女性のハイヒールによる障害について（第2報），足部症状の発現機序について，靴の医学，3，pp. 149～154，1989.
- 2) 倉秀治，石井清一，小原昇，宮野須一，鍋田文男，佐々木鉄人，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）——第五趾 MP 関節部における側面圧について——，靴の医学，4，pp. 17～23，1990.
- 3) 倉秀治，石井清一：ハイヒール靴と足の障害，靴医学診断マニュアル，MB Orthop，7，pp. 13～18，1994.
- 4) 石毛フミ子：ハイヒールの体力医学的研究 I ——ステップテストに現れたヒール高の影響——，体力科学，10，pp. 49～55，1961.
- 5) 石毛フミ子：ハイヒールの体力医学的研究 II ——歩行時のエネルギー代謝に現れたハイヒールの影響——，体力科学，pp. 56～57，1961.
- 6) 大西範和，齊藤真，平林由果，片瀬真由美，栗林薫，塩之谷香：筋電図解析による流行靴ミュールを着用した歩行時の生体負担度の評価，人間工学，41，pp. 51～56，2004.
- 7) 齊藤誠二，村木里志：靴底の磨耗が歩行中の下肢に与える影響，人間工学，42，pp. 243～250，2006.
- 8) 齊藤誠二，村木里志，栃原裕：靴底の磨耗が高齢者の歩行中の下肢に与える影響，人間工学，43，pp. 245～251，2007.
- 9) 佐野裕司，浅見俊雄，片岡幸雄，和田光明：ハイヒールが歩行姿勢やエネルギー代謝に及ぼす影響，第2回姿勢シンポジウム論文集，pp. 119～124，1977.
- 10) 宇留野勝正：ハイヒール靴着用時の身体重心動揺，東京家政大学研究紀要，22(2)，pp. 35～40，1982.
- 11) 小川新吉，阿久津邦男，岩崎義正，竹倉隆：履物と姿勢について〔I〕——筋電図学的考察——，体力科学，7，p. 325，1958.
- 12) 小川新吉，阿久津邦男，岩崎義正，竹倉隆：履物と姿勢について〔II〕——エネルギー代謝より見た考察——，体力科学，7，pp. 325～326，1958.
- 13) 古田幸子，吉井明子：靴着用における動作変化および筋電図の検討，姿勢研究，9，103～109，1989.