

女性におけるつま先立ち・ハイヒール着用時の歩容

著者	山本 博男, 岡 美成, 清水 聡一, 新名 孝, 相阪 由美子, 東海林 郁子
雑誌名	金沢大学人間社会学域学校教育学類紀要
巻	1
ページ	35-43
発行年	2009-02-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/17131

女性におけるつま先立ち・ハイヒール着用時の歩容

山本 博男, 岡 美成*, 清水 聡一*, 新名 孝**
相阪由美子***, 東海林郁子****

The gait of toe walk and walk with high-heel for women

Hiroh YAMAMOTO, Yoshinari OKA, Sohichi SIMIZU,
Takashi SINMYO, Yumiko AISAKA, Ikuko SYOJI

要約

本稿では、女性における歩行実験を取り上げ、実験の目的を以下に示す。

1. つま先立ち熟練者および非熟練者を対象に歩行実験を行い、つま先立ち歩行が、歩行中の体幹や身体動作にどのような変化を及ぼすのかを明らかにすること。
2. ハイヒールの着用と携帯電話の使用が女性における歩行動作に与える影響を、キネマティクスの観点から明らかにすること。

両実験とも身体にリフレクティブマーカーを貼り、3次元動作解析を中心に動作の分析を行った。つま先立ち歩行は胸椎を伸展させ、歩行中の膝関節屈曲を小さくすることがわかった。さらに、つま先立ち熟練者の歩行は、つま先立ち歩行に限らず、通常歩行においても胸椎上部の伸展傾向が見られた。

ハイヒール歩行時、膝関節は、屈曲と伸展を2度繰り返すことがわかっている。1度目の屈曲—伸展作用の終了は1サイクルを100%とした時の35%付近、最大に膝関節が屈曲するのは70%付近、2度目の屈曲—伸展作用の終了は97%付近であった。

キーワード 女性 歩行 つま先立ち ハイヒール

【はじめに】

現代女性は、より美しくなることを意識して過ごしている。本稿で取り上げる2つの実験は、女性らしさを引き立てる様々な歩行の解析に着目している。

I. 女性におけるつま先歩行の基礎的実験

【緒言】

近年、器械体操競技やフィギアスケートなどの採点競技において美しさを評価する芸術点が重要視される傾向にある。そのため、基礎練習としてよくバレエが行われる。バレエダンサー

は、長期のトレーニングによって脊柱が直線化しているため、しばしば姿勢がよいと評価される〔2〕。つまり垂直方向への引き上げや回転効率を必要とするため、体軸が直線的であることが重要となる。体軸の安定は、技術面と芸術面の両方で重要な要素と考えられる。バレエや器械体操女子において、基本動作となるつま先立ちが、姿勢や身体動作に影響を及ぼしているのではないかと推測される。従って本実験の目的は、つま先立ち熟練者および非熟練者を対象に歩行実験を行い、つま先立ち歩行が、歩行中の体幹や身体動作にどのような変化を及ぼすのか

平成20年10月1日受理

* 金沢大学大学院教育学研究科保健体育専攻

** 金沢大学人間社会学域学校教育学類内地留学生

*** (株)アシックスマーケティング統括部

**** 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科スポーツ医科学研究領域

を明らかにすることであった。さらに、つま先立ちの経験が、体幹や歩行動作にどのような影響を及ぼすのかを調べた。

【方法】

被検者は健康な女子大学生 6 名(身長 160.8 ± 7.1 cm, 体重 52.5 ± 4.9 kg, 年齢 21.2 ± 1.1 歳)とした。そのうち3名は、器械体操もしくは新体操経験者(競技歴5~10年)でつま先立ち熟練者とし、通常歩行(以下 NW)とつま先歩行(TW)を各3回行いデータを収集した。被検者は上下黒色スパッツ、黒色水泳帽を着用し、すべての歩行を裸足で行った。被検者の頭頂(Top of head)、第7頸椎(The seventh cervical spine: C7)、第5胸椎(The fifth thoracic spine: T5)、第8胸椎(The eighth thoracic spine: T8)、第1腰椎(The first lumbar spine: L1)、上後腸骨棘の midpoint(Posterior superior iliac spine: PSIS)、左右の上前腸骨棘(Anterior superior iliac spine: ASIS)、左右の大転子(Great trochanter: GT)、左右の大腿骨外側顆(Lateral condyle of femur: LCF)、左右の外踝(Lateral malleolus: LM)、左右の踵(Calcaneal region)、左右の第5中足骨頭(The fifth metatarsal bone)計18ヶ所にリフレクティブマーカーを装着した。全長13mの歩行路を実験に用い、スタート地点から8mの地点を中心に4台のデジタルビデオカメラ(DCR-TRU30 NTSC, SONY製)で撮影した。上肢は、C7-T5、T5-T8、T8-L1の3つのセグメントとし、下肢はGT-LCF、LCF-LMの2つのセグメント、足部は踵-第5中足骨のセグメントで表した。左足踵接地から次の左足踵接地までをNWの1サイクルとし、左足拇趾球接地から次の左足拇趾球接地までをTWの1サイクルとして有効な1サイクルを解析に用いた。

デジタルビデオカメラで撮影した映像を、動作解析ソフト(Frame DIAS II ver.3, Frame DIAS for Windows, DKH製)を用いて、デジタル化した。キャリブレーションには、三次元DLT法を用い、三次元動作解析を行った。測定項目

は以下のとおりであった。

i. TW と NW の比較

- 胸椎上部の最大屈曲角度、最大伸展角度
C7-T5 セグメントと T8-L1 セグメントの成す角度の最小値、最大値(図1-上)
- 胸椎下部の最大屈曲角度、最大伸展角度
T5-T8 セグメントと T8-L1 セグメントの成す角度の最小値、最大値(図1-上)
- 膝関節の最大屈曲角度、最大伸展角度、可動域

左 GT-LCF セグメントと左 LCF-LM セグメントのなす角度の最小値、最大値、最大伸展角度と最大屈曲角度の差

ii. つま先立ち熟練者と非熟練者の比較

- 胸椎上部
- TW における C7 の上下変化
- TW における踵高(図1-下)
- TW における膝関節角度
最大値、最小値、最大値と最小値の差

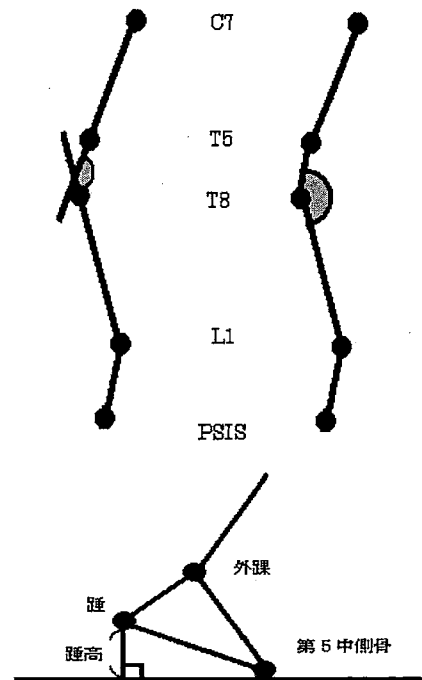


図1 (上) C7-T5 セグメントと T5-T8 セグメントの定義

(下) 踵高の定義

統計処理について、測定値は全て平均値±標準偏差で表した。TW と NW の各条件間における C7-T5 最大屈曲角度、最大伸展角度、膝関節の最大屈曲角度、最大伸展角度、可動域の平均値の差の検定には、Wilcoxon の T テストを行った。有意水準は 5% とした。

【結果】

i. TW と NW の比較

体幹の角度において、胸椎上部の最大屈曲角度のみ $\alpha=0.05$ の有意な差が認められた(図 2)。膝関節角度において、最大屈曲角度と可動域に $\alpha=0.05$ の有意な差が認められた(図 3)。

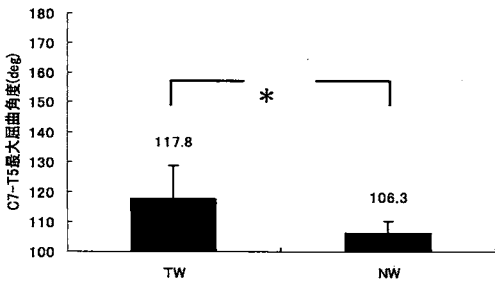


図 2 TW と NW における C7-T5 最大屈曲角度平均±標準偏差で示した ($p < 0.05$)。

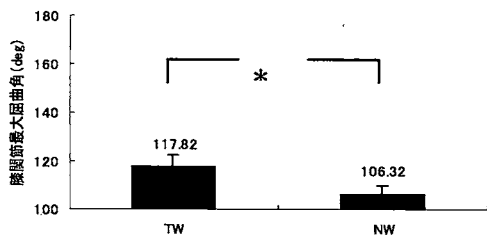
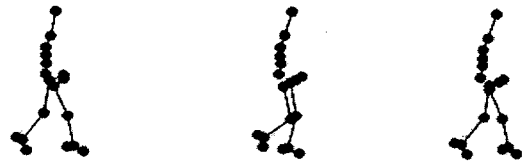


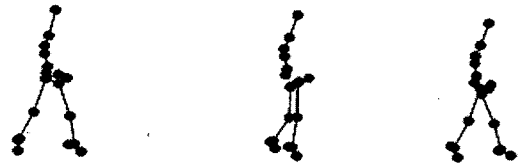
図 3 TW と NW における膝関節最大屈曲角度平均±標準偏差で示した ($p < 0.05$)。

ii. つま先立ち熟練者と非熟練者の比較

胸椎上部において、TW と NW の両方で、熟練者のほうが伸展位で変位している傾向にあった(図 4)。



非熟練者(-)



熟練者(+)

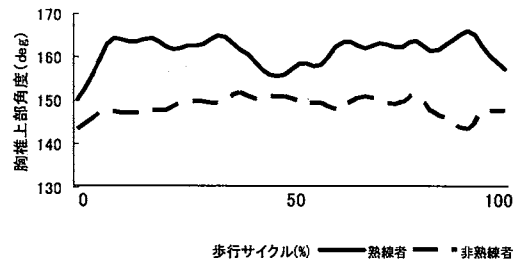


図 4 胸椎上部の角度変位

TW における C7 の上下変化については、熟練者は 3 試行とも同じような変位を示し、非熟練者は 3 試行間でばらつきを示す傾向があった。踵高について、熟練者は最大値が小さく、最小値が大きい傾向にあった。拇趾球接地後、即ち、歩行サイクル 0~50% に熟練者のほうが踵を高く維持できている傾向にあった。膝関節については、最大屈曲角度は熟練者のほうが小さい傾向にあり、拇趾球離地の直後、即ち、歩行サイクル 55~70% に熟練者のほうが小さい屈曲を示す傾向にあった(図 5)。

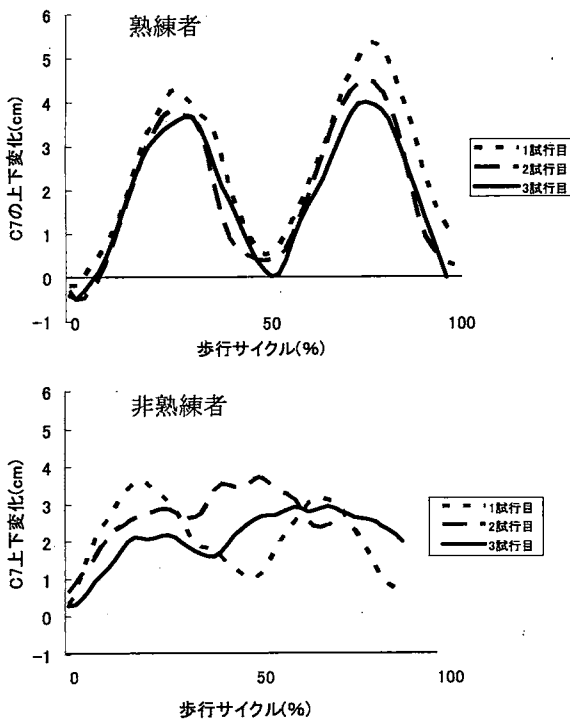


図5 熟練者と非熟練者間におけるC7の上下変化

【考察】

i. 体幹について

胸椎上部の最大屈曲角度に有意差が認められたが、最大伸展角度に有意差は認められなかった。歩行とつま先立ちは身体を前傾させる [6] [7]。過度の前傾を抑え、歩行のバランスを獲得するために、胸椎の伸展が起こった。胸椎の伸展は、背筋が伸びた姿勢と言い換えることができ、視覚的に美しい姿勢を獲得できる。胸椎と腰椎は強い関連性があり、胸椎の伸展により腰椎の前弯が減少するため腰痛予防になると考えられる [4]。

ii. 膝関節について

膝関節最大屈曲角度と可動域に有意差が認められた。足関節と膝関節は互いに拮抗した動きで上下の動きを相殺しており、TW は足関節の可動域が制限されるため、膝関節の可動域も減

少したと考えられる。また、本実験では測定していないが、TW は足関節トルクの減少と床反力の減少が起こるために [8] [11]、膝関節最大屈曲が減少したと考えられる。また、TW は接地時の膝関節伸展が小さく発生パワーも小さいとされた [11]。本実験においてもNWよりTWのほうが伸展傾向にあったことから、膝関節最大屈曲の減少の一要因になったと考えられる。

iii. つま先立ち熟練者と非熟練者の比較

つま先立ち熟練者においては、胸椎上部が伸展位で変位している傾向がみられた。この胸椎上部の伸展が視覚的によい姿勢にさせている一つの要因と考えられる。長年トレーニングを積んできた女性バレエダンサーの立位姿勢は、脊柱が直線的であった [2]。本実験においてもTWに限らずNWにおいても伸展傾向が見られたことから運動習慣が姿勢に変化を及ぼしていると推測できる。また、C7の上下変化が3試行間で同じような動きを示したことから、安定した歩行ができていると推測される。さらに、床反力の第一のピークである拇趾球接地後に熟練者のほうが踵高を高く維持している傾向にあった。バレエダンサーはアキレス腱が強く、足関節底屈維持能力を獲得していることから、つま先立ちの習慣化によって底屈維持能力を獲得し、歩行のバランス保持能力を向上させていたと推測される [11]。また、体操競技や新体操競技では、美しくみせるために胸椎の伸展や膝関節の伸展を練習において常に意識させられるため、この習慣の積み重ねにより、意識せずに胸椎の伸展、膝関節の伸展傾向がみられたと推測される。膝関節最大屈曲時に踵高が最大値になることから、熟練者は膝関節最大屈曲角度が小さかったため、踵高の最大値が小さくなったと考えられる。体操競技やバレエでは、垂直方向への引き上げや回転効率を必要とするために体軸が直線的であることが重要となる。このことから、美しくみせるために行っている胸椎の伸展や膝関節の伸展が技術面にも影響しているのではないかと考えられる。

【結論】

つま先立ち歩行は胸椎を伸展させ、歩行中の膝関節屈曲を小さくすることがわかった。さらに、つま先立ち熟練者はつま先立ち歩行に限らず、通常歩行においても胸椎上部の伸展傾向が見られたことから、つま先立ちの習慣化が体幹の伸展に影響を及ぼす一要因であると推測される。また、つま先立ち熟練者は安定した歩行のスキルを習得していると推測された。身体の運動現象は特定の特定の部位の運動と全身の運動が連動しており、部分の運動が全体の姿勢との関係で柔軟に変化し、身体は全身の各部位の運動が協応することによって安定を維持しつつ目的の動作を達成することから [10]、今後は安定した歩行のために身体に起こるさまざまな現象を検討し明らかにする必要がある。さらに、つま先立ちを行うことで身体に起こる現象が技術面にどのような影響をおよぼしているかを検討する必要がある。

II. ハイヒール着用時における携帯使用の歩容

【緒言】

携帯電話は今や単なる通信手段ではなくなった。現代では携帯電話はファッションアイテムの1つとして捉えられている。ハイヒールは古くから女性に支持され、今日では携帯電話を操作しながらハイヒール歩行を行う女性が多く見られる。しかしながら、ハイヒールと携帯を併用した歩行に関する報告は少ない。従って、本実験の目的は、ハイヒール着用と携帯電話の使用が女性の歩行動作に与える影響を、キネマティクスの観点から明らかにし、女性の歩行動作に関する基礎的情報を得ることであった。

【方法】

被検者は下肢に障害がなく、歩行に異常の無い健康な女子大学生4名(mean±SD; age: 21.00±2.12yrs, height: 161.50±7.78cm, weight: 53.75±4.24kg)とした。4名ともに毎日携帯電話を操作し、ハイヒールを1週間に4日以上着用する

習慣があった。全被検者とも、携帯電話を持つ手は右手であった。実験に先立って、全被検者に対してインフォームドコンセントを得た。被検者は、13mの距離を4つの条件で各3試行ずつ歩行した(図6)。

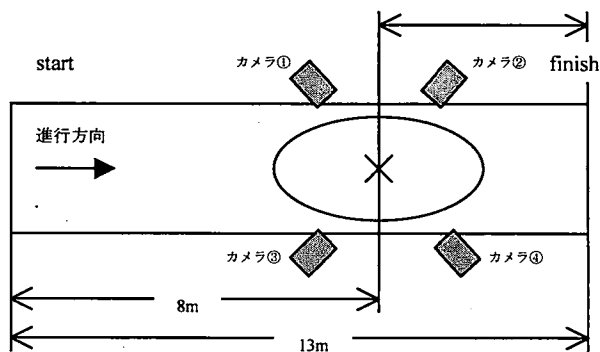


図6. 実験環境

4つの条件は、通常歩行(以下NGと略記する)、携帯操作中の通常歩行(以下NKGと略記する)、ハイヒール歩行(以下HGと略記する)、携帯操作中のハイヒール歩行(以下HKGと略記する)であった。通常歩行は裸足で行い、ハイヒール歩行ではヒール高5.5cmのハイヒール靴(Furio Valentino、日本製)を使用した。なお、被検者は実験前に十分なウォーミングアップを行った。ウォーミングアップの内容は被検者に一任し、ウォーミングアップ完了後に実験を開始した。また、携帯電話は被検者が普段使用しているものを用い、携帯操作時の歩行では、被検者は検者からの質問に対する答えをメール画面に打ち込みながら歩行した。被検者は上下黒色のスパッツを履き、その上からマーカーを貼った。マーカーを貼った箇所は以下の通りである。頭頂(Top of head)、左右の肩峰、左右の上腕骨外側上顆、左右の橈骨茎状突起、第7頸椎(The seventh cervical spine: C7)、第5胸椎(The fifth thoracic spine: T5)、第8胸椎(The eighth thoracic spine: T8)、第1腰椎(The first lumbar spine: L1)、上後腸骨棘の中点(Posterior superior iliac spine: PSIS)、左右の上前腸骨棘(Anterior superior iliac

spine: ASIS)、左右の大転子(Great trochanter: GT)、左右の大腿骨外側顆(Lateral condyle of femur: LCF)、左右の外踝(Lateral malleolus: LM)、左右の踵(Calcaneal region)、左右の第5中足骨頭(The fifth metatarsal bone)、左右のヒールの計26ヶ所である。実験環境は歩行路を13mとし、スタート地点から10mの地点を中心に30Hzのデジタルビデオカメラ4台(DCR-TRU30 NTSC, SONY社製)を設置した(図1)。撮影後、有効な1サイクルを用いて三次元動作解析を行った。全被検者は実験後に撮影されたビデオを見て、自分以外の被検者の全歩行条件下の歩行を観察した。その中で最も好感の持てる歩行条件を被検者ごとに選び、検者はそれを記録した。測定項目は以下のとおりである。

i. ストライド長(SL)

右足踵の接地から次の右足踵の接地までの距離

ii. ピッチ(CA)

1サイクルを所要時間(秒)で除した値

iii. 歩行速度(WS)

ストライド長から移動距離を算出し、その移動距離を所要時間で除した値

iv. 膝関節屈曲角度の最大値と最小値

右GT-LCFセグメントと右LCF-LMセグメントのなす角度の最小値、最大値

v. 膝関節屈曲角度の変位

一度目の屈曲—伸展作用が終わる地点をA、屈曲角度が最小になる地点をB、二度目の屈曲—伸展作用が終わる地点をC地点とする。

vi. 頭部の傾きと進行方向の成す角の最大値と最小値

頭頂とC7を結ぶセグメントと進行方向の成す角を角度 θ として算出した(図7)。

vii. 携帯電話を持つ側の手首(右手首)の高さとその身長比

右手首の高さをLWとし、LWとLWの身長における割合を算出した。HKGでは、ヒール高を足した身長を用いた(図8)。

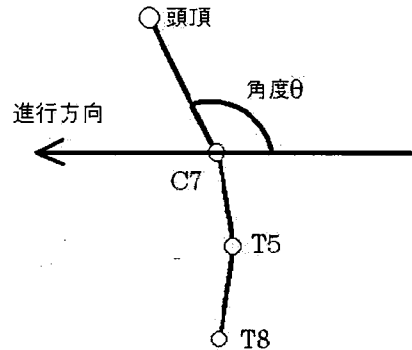


図7. 角度 θ の定義

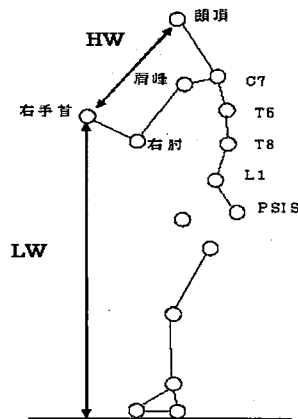


図8. HWとLWの定義

viii. 頭頂と携帯電話を持つ側の手首(右手首)との距離

頭頂と右手首を結ぶセグメントの長さをHWとし、算出した(図8)。

ix. 各被検者の最も好感の持てる歩行条件

全被検者が自分以外の被検者の歩行条件で最も好感の持てる歩行条件を調査した。

測定値は全て平均±標準偏差で示した。4つの歩行条件間における、WS、SL、CA、右膝関節角度の最大値、最小値、 θ の最大値、最小値の差の検定には繰り返しありの二要因分散分析を行った。また、WSとSLの関係についてはピアソンの相関係数及び直線回帰式を求めた。NKGとHKGにおける、HWとLWの高さとそ

の身長比の差の検定には Wilcoxon の T テストを行った。有意水準は全て 5% とした。

【結果】

i. 歩行の基礎的パラメータの比較

a. WS の条件間比較においては、NG と NKG、HG と HKG の間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。NKG と HKG では有意に WS が遅かった。

b. SL と CA の条件間比較においては、全ての群間において有意な差は認められなかった。

c. WS と SL の相関においては、全歩行条件において WS と SL の間に高い正の相関関係が見られた。

ii. 膝関節屈曲角度の比較

a. 最大値と最小値の比較をした結果、最大値と最小値共に、いずれの群間にも有意差は認められなかった。

b. 1 サイクルの変位とその特徴について、A 地点は 1 サイクルの 35% 付近であり、C 地点は 97% 付近であった。また、B 地点は 70% 付近であった。また、B の値の平均は全被検者において NG と NKG より HG と HKG の方が高い値を示した(図 9, 表 1)。

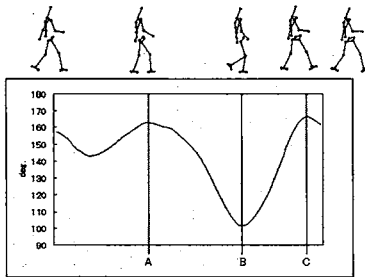


図 9. 膝関節屈曲角度の変位の様子

角度 θ の最大値と最小値の比較をした結果、最大値と最小値共に、NG と NKG、HG と HKG の間で有意な差が認められた ($p < 0.05$)。NKG と HKG において角度 θ は有意に大きな値を示した。

表 1. 各被検者の膝関節屈曲角度の%値

		A	B	C
NG	YM	36.44	70.37	96.91
	HS	37.73	70.66	95.81
	SI	33.94	67.92	95.59
	AY	36.66	70.96	95.16
	Mean	36.17 ± 1.59	69.98 ± 1.39	95.87 ± 0.74
NKG	YM	35.68	70.69	98.71
	HS	34.74	71.35	98.19
	SI	34.81	69.82	98.35
	AY	35.80	70.53	94.72
	Mean	35.26 ± 0.56	70.55 ± 0.71	97.49 ± 1.86
HG	YM	39.54	73.66	100.00
	HS	37.12	74.24	99.41
	SI	38.73	71.09	98.26
	AY	41.68	72.92	95.83
	Mean	39.27 ± 1.90	72.98 ± 1.37	98.38 ± 1.84
HKG	YM	37.06	72.94	98.83
	HS	36.43	72.28	97.28
	SI	38.50	71.10	97.29
	AY	41.92	73.24	95.47
	Mean	38.48 ± 2.45	72.39 ± 0.95	97.22 ± 1.37

単位: %

iii. 携帯電話を持つ側の手首に関わるパラメータの比較

a. LW と LW の身長比の比較: NKG と HKG の間で有意差は認められなかった ($p < 0.05$)。全被検者の全歩行条件において、LW の身長比は約 68% 付近であった(表 2)。

表 2. LW の値と LW の身長比

		YM	HS	SI	AY
NKG	LW(cm)	111.76 ± 0.47	111.13 ± 0.12	99.97 ± 0.35	119.16 ± 1.74
	LWの身長比 (%)	68.57	69.02	68.85	69.28
HKG	LW(cm)	115.32 ± 1.22	113.63 ± 0.16	104.22 ± 0.81	122.79 ± 0.36
	LWの身長比 (%)	68.44	68.19	67.02	69.13

平均 ± 標準偏差

b. HWの比較: NKGとHKGの間で有意差は認められなかった($p < 0.05$)。被検者間でHWの値は異なるが、被検者のNKGとHKGの間でHWの値に差は無かった(表3)。

表3. 各被検者におけるHWの値

	YM	HS	SI	AY
NKG	49.92 ± 1.45	51.50 ± 0.71	54.36 ± 0.48	52.39 ± 0.70
HKG	50.07 ± 1.20	54.73 ± 1.24	53.96 ± 1.01	53.32 ± 0.48

平均 ± 標準偏差

単位: cm

iv. 歩行条件の客観的好感度の調査

全被検者の歩行条件において、HGが2人以上の支持を得ていた。AYのHGにおいては、他の被検者が3人とも支持した(表4)。

表4. 歩行条件別の客観的好感度の調査

	NG	NKG	HG	HKG
YM	0	0	2	1
HS	0	1	2	0
SI	0	0	2	1
AY	0	0	3	0

単位: 人

【考察】

i. WSとSLとCAについて

携帯電話の操作によってストライド長は短くなる傾向を示し、歩行速度は遅くなった。また、歩行速度とストライド長には正の相関関係が見られたことから、携帯電話の操作はストライド長を短くし歩行速度を遅くしたと考えられる。

ii. 膝関節屈曲角度について

歩行動作における膝関節は、屈曲と伸展を2度繰り返すことが分かっている。1度目の屈曲

—伸展作用の終了は1サイクルを100%とした時の35%付近、最大に膝関節が屈曲するのは70%付近、そして、2度目の屈曲—伸展作用の終了は97%付近であった。

iii. 頭部の傾きについて

頭部は携帯電話の使用によって、進行方向に傾いていたことが分かった。これは前方にある携帯電話の画面を見るために、被検者が頭部を傾けたと考えられる。

iv. 携帯電話の位置について

全被検者とも、携帯電話を身長比の約68%の高さで持っていたことが分かった。また、頭部と携帯電話の距離は歩行中に変化せず、一定の場所で操作されていたと考えられる。

v. 各歩行条件における客観的好感度の調査について

本研究における4つの歩行条件の中ではハイヒール着用時の歩行が最も好感が持てる歩行動作であったことがわかった。

【結論】

携帯操作時における歩行の特徴は、頭部を前方へ傾け、頭部と携帯電話の距離と地上からの携帯電話の高さが一定に保たれていた。携帯電話の地上からの高さの身長比は約68%であった。膝関節屈曲角度の変位の様子については、全被検者が類似した波形を示し、そのタイミングも各歩行条件においてほとんど同じであった。被検者は互いの歩行を観察し、ハイヒール着用時の歩行にたいして最も好感がもてるという意見が多かった。このことから、ハイヒール着用時の歩行は女性がかっこいいと思う傾向があるとわかった。

携帯電話は今後、ハイヒール同様に歩行動作を飾るファッションアイテムとして用いられる可能性が示唆される。本研究の結果は、歩行動作の特徴を明らかにしたに過ぎない。今後は、姿勢やスタイルなどの美的観点からハイヒール着用、及び、携帯電話使用時の歩容について検討する必要がある。

【参考文献】

- [1] 後藤保正,柳澤健. 運動学-リハビリテーション医学講座. 医歯薬出版株式会社, 1995; 3: 166-171
- [2] Kerrigon D.Casey et al. . Compensatory advantage of toe walking. Arch Phys Med Rehabil, 2000; 81: 38-44
- [3] 松永文彦, 中村克行, 佐久間哲哉, 柴崎亮介. 携帯電話使用が歩行行動に及ぼす影響に関する基礎的研究. The Behavior metric Society of Japan, 2004: 92-93
- [4] 水野忠文, 猪飼道夫, 江橋慎四郎. 体育教育の原理. 東京大学出版, 1973: 97-108
- [5] Murray M. Patricia et al. . Walking patterns of normal woman. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 1970; 51: 637-650.
- [6] Nolen Lee et al. . Keep on your gait initiation from toe-standing. Journal of Biomechanics, 2003; 36: 393-401
- [7] Perry Jacquelin et al. . Toe walking-muscular demands at the ankle and knee. Arch Phys Med Rehabil, 2003; 84: 7-16
- [8] Syczewska M et al. . Segmental movements of the spine during treadmill walking with normal speed. Clinical Biomechanics, 1999; 14: 384-388
- [9] Williams Kathleen et al. . Age and function differences in shared task performance: Walking and talking. Research Quarterly for Exercise and Sport, 2006; 77: 137-141.
- [10] 山田憲政. 運動の自由度 運動制御と運動学習. 協同医書出版社, 1997: 269 - 295
- [11] 矢野一郎. 姿勢とは何か 第1章第1項姿勢とは. 姿勢研究所, 1996: 10-13