

## 原著論文

## 荷物保持および履物が障害物またぎ越し動作に及ぼす影響

## The effect of load and footwear on stepping over an obstacle

青木 宏樹<sup>1)</sup>・出村 慎一<sup>1)</sup>・中田 征克<sup>2)</sup>・北林 保<sup>3)</sup>・内山 忠信<sup>4)</sup>  
山田 孝禎<sup>5)</sup>・山本 祐太<sup>6)</sup>・出村 友寛<sup>6)</sup>

Hiroki AOKI<sup>1)</sup>, Shinichi DEMURA<sup>1)</sup>, Masakatsu NAKADA<sup>2)</sup>, Tamotsu KITABAYASHI<sup>3)</sup>,  
Masanobu UCHIYAMA<sup>4)</sup>, Takayoshi YAMADA<sup>5)</sup>, Yuta YAMAMOTO<sup>6)</sup> and Tomohiro DEMURA<sup>6)</sup>

## Abstract

This study aimed to examine the effects of holding a load with one hand and different footwear on stepping over an obstacle. The subjects included 7 healthy young males (mean age 23.3±2.8 yr, mean height 173.4±3.7cm, mean mass 68.4±4.4kg). They all were right handed. The subjects wore sandals with low heels or sneakers and stepped over an obstacle (height 17cm, width 24cm and depth 12cm) with or without a 10% body mass load in the dominant hand. With the swing leg (right leg) stepping over the obstacle and the supporting leg (left leg) stepping over afterward, the knee joint angle, ankle joint angle, knee joint height, greater trochanter moving velocity and stepping over an obstacle width were measured. When wearing sneakers and holding the load, the knee joint angle of the supporting leg was smallest when the knee joint of the swing leg peaked. Regardless of the footwear, the knee joint angle also decreased when the foot of the swing leg was grounded.

From the above results, it was judged that when stepping over an obstacle, the knee joint of the supporting leg is affected by holding a load, but not by the choice of footwear.

**Key words** : sandals, sneakers, knee joint angle

[Received May 12, 2008 ; Accepted October 21, 2008]

## 1. 緒言

転倒は、障害や疾病に至る主要な原因となるため、これまで、転倒の危険因子に関しては数多く報告されている (Patla and Rietdyk, 1993 ; 飯干, 1998 ; 大淵, 2003 ; 佐々木ら, 2003 ; 小林ら, 2006 ; Demura and Uchiyama, 2007)。先行研究では、転倒の危険因子として、障害物、履物 (サンダルやハイヒール等) の違い、荷物保持等があげられ、それらが歩行動作に及ぼす影響が検討されてきた (飯干, 1998 ; 大淵, 2003 ; 佐々木ら, 2003 ; 森本ら, 2003 ; 小林ら, 2006 ; Demura and Uchiyama, 2007)。

ところで、ヒトは障害物がある場合、進路を変更し障

害物を回避する、障害物をまたいで越える、あるいは、障害物そのものを移動させる等 (小林ら, 2006)、様々な方法を選択して安全の確保に努めるが、その中で最も転倒の危険を伴う動作は、障害物をまたぎ越す動作であると報告されている (Austin et al, 1999)。Patla and Rietdyk (1993) は、障害物をまたぎ越す際、下肢の関節角度や膝高が大きく変化すると報告している。一方で、平林ら (2005) は、踵を固定するストラップのないミュール型サンダル歩行は裸足およびスニーカー歩行よりも歩調が速く、歩幅や接触面積が小さいため、歩行が不安定になると報告している。更に、スニーカーに比べてサンダルは踵が固定されないため着脱しやすく、障害

1) 金沢大学大学院 自然科学研究科 *Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University*

2) 防衛大学校 一般教養 *General culture, National Defense Academy in Japan*

3) 東京理科大学 一般教養 *General culture, Tokyo University of Science*

4) 金沢美術工芸大学 一般教養 *General culture, Kanazawa College of Art*

5) 福井工業高等専門学校 一般教養 *General culture, Fukui National College of Technology*

6) 金沢大学大学院 教育学研究科 *Graduate School of Education, Kanazawa University*

物をまたぐ際には、またぎ越す脚の足関節がスニーカーよりも背屈すると仮定される。つまり、履物の違いによって、歩行動作が異なり、障害物をまたぎ越す動作様式も異なると推察される。荷物保持についても、荷物を保持しての歩行は通常歩行に比べて片脚の支持時間が減少すると報告されており (Ling et al., 2004), 履物の違いと同様、歩行動作が異なることから障害物をまたぎ越す動作様式も異なると推察される。

前述したように、履物の違い (平林ら, 2005) や荷物保持の有無 (Ling et al., 2004) が歩行動作に及ぼす影響については、それぞれ検討されている。しかし、両者が相互に関与した際の歩行中の障害物のまたぎ越す動作に及ぼす影響については検討されていない。手荷物を保持し着脱しやすい履物を履くといった複合的な転倒要因が加わり障害物をまたぎ越す場合、それぞれの単一的要因に比べてよりバランス保持が困難となり転倒事故につながりやすく、また、歩容の変化もより顕著になると考えられる。

本研究の目的は、履物の違いおよび荷物保持の有無という複合的要因が障害物をまたぎ越える動作に及ぼす影響を検討することである。

## 2. 方法

### (1). 被験者

被験者は下肢に障害が無い健康な青年男子 7 名 (年齢  $23.3 \pm 2.8$  歳, 身長  $173.4 \pm 3.7$  cm, 体重  $68.4 \pm 4.4$  kg) であった。本研究の目的である複合的要因による実験的課題は高齢者の場合、転倒の危険を誘発する可能性が高く、安全性を最優先した。よって被験者は青年とした。実験に先立ち、全ての被験者に実験の趣旨および目的を説明し実験参加の同意を得た。また、被験者の利き手調査 (Oldfield, 1971) および利き脚調査 (Sadeghi et al., 2000) を実施した結果、全員右手および右脚が利き側と



図 1. サンドルおよびスニーカー

判断された。本研究の実験計画は、金沢大学教育学部倫理委員会による承認を得ている。

### (2). 実験条件

被験者は、歩行中の障害物をまたぎ越える動作を以下に示した 4 条件下において実施した。つまり、サンダルあるいはスニーカーのいずれかを着用し、荷物を保持あるいは保持しない条件下において歩行動作を実施し、歩行面に設置された障害物をまたぎ越した。なお、障害物として、先行研究 (Demura and Uchiyama, 2007) および予備実験を参考に、高さ 17 cm, 幅 24 cm, 奥行 12 cm の箱を設置した。履物は、先行研究 (平林ら, 2005) を参考に、踵が固定されないサンダルおよび足全体が履物に固定されるスニーカーを選択し、いずれも被験者の足長に適したサイズを選択した。また、荷物は各被験者の体重の 10% に設定し、いずれの被験者も利き手にて保持した。いずれの被験者も歩行開始地点から 10m 歩行し、障害物は歩行開始から 5m の地点に設定した。



図 2. 荷物保持

(3). 実験手順

まず、各実験条件下の歩行中の障害物をまたぎ越える動作の動作特性を測定するために、各被験者の左右肩峰、肘関節点、手首関節点、腸骨稜点、大転子点、膝関節点、足関節点および中足骨点の合計16ポイントに、3次元動作解析用の反射マーカーを張り付けた。その後、被験者は、各実験条件下の歩行中のまたぎ越し動作を実施した。なお、各実験条件の試行順はランダムに設定した。いずれの実験条件下における歩行中のまたぎ越し動作も、検者の合図で歩行を開始し、障害物を利き脚にてまたぎ越すように指示した。また、歩行動作ならびにまたぎ越し動作は、普段通りに行うように指示した。

(4). 実験器具

歩行中の障害物をまたぎ越える動作の測定には3次元動作分析装置（ANIMA社製、MA2000）を用いた。この3次元動作分析器は、6台のビデオカメラを用いて全身16関節点の三次元座標から、各関節の角度を算出し、それらを3次元座標上に経時的に記録することが可能な装置である。撮影は、被験者の左右方向からとし、ビデオカメラの位置は、歩行路の0m地点、障害物設置地点

および10m地点にそれぞれ向かい合わせて2台ずつ設置した。以下、先にまたぎ越す右脚を先導脚、後ろからまたぎ越す左脚を後続脚と記述する。

(5). 評価変数

まず、先導脚のかかとの離床（時点1）、膝関節の最高到達（時点2）、かかとの着床（時点3）およびつま先の着床（時点4）、後続脚の膝関節の最高到達（時点5）およびつま先着床時点（時点6）を決定し（図3参照）、これらの時点における先導脚および後続脚の膝および足関節角度、膝関節高、大転子移動速度、足関節内転および外転角度（図4参照）、先導脚のまたぎ越し幅を測定した。なお、膝関節角度は、大転子、膝関節および足関節を、足関節角度は、膝関節、足関節、中足骨を結んだ直線から算出した。膝関節高は、床から膝関節までの高さを測定した。大転子移動速度は、またぎ越し動作前の両足接地時の大転子を基準とし、大転子の水平方向の移動距離を測定し、それを移動時間で割り算出した。先導脚のまたぎ越し幅は、またぎ越し動作直前の先導脚のかかと接地地点から、そのまたぎ越し動作直後の接地地点までの距離とした。

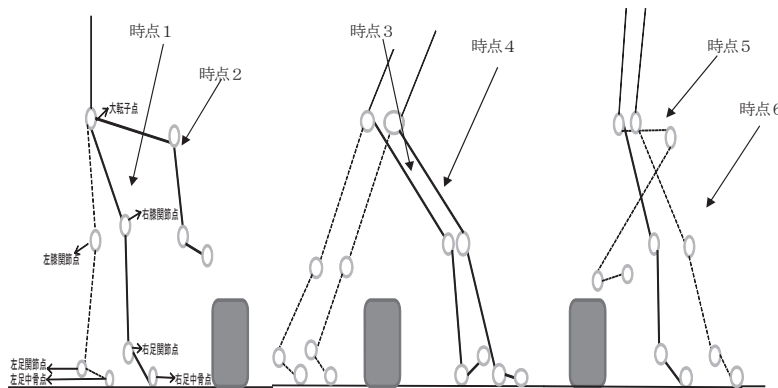


図 3. 各時点について

注. 実線が先導脚、点線は後続脚、時点1は先導脚のかかと離床時、時点2は先導脚の膝関節最高到達時、時点3は先導脚のかかと着床時、時点4は先導脚のつま先着床時、時点5は後続脚の膝関節最高到達時、時点6は後続脚のつま先着床時

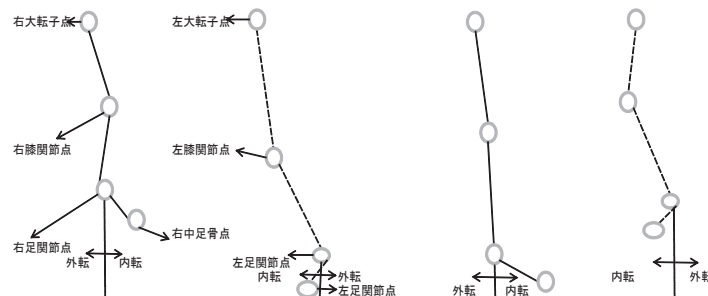


図 4. 足関節角度(内転および外転)

注. 実線が先導脚、点線は後続脚

### (6). 解析方法

各変数について、履物および荷物保持条件における各評価変数の平均値差の検定には2要因とも対応のある2要因分散分析を用いた。交互作用に有意差が認められた場合、事後検定には、TukeyのHSD法による多重比較検定を実施した。なお、本研究における統計的有意水準は5%に設定し、Bonferroniの方法に従い有意水準を調節した。すなわち、 $0.05/6 \cong 0.008$ を適用した。

## 3. 結果

全ての時点において先導脚の膝関節角度は有意な主効果（履物条件間差および荷物条件間差）および交互作用が認められず、履物の違いや荷物保持の有無に関係なくほぼ同じ膝関節角度となることが確認された。また、全ての時点で先導脚・後続脚の足関節角度、足関節の内転および外転角度および大転子移動速度は有意な主効果（履物条件間差および荷物条件間差）および交互作用が認められず、履物の違いや荷物保持の有無に関係なくほ

ぼ同じ足関節角度、足関節内転および外転角度および大転子移動速度となることが確認された。

表1は、またぎ越し動作各時点の膝関節角度の2要因（履物条件間×荷物条件間）分散分析および多重比較検定の結果を示している。全ての時点において先導脚の膝関節角度は有意な主効果（履物条件間差および荷物条件間差）および交互作用が認められず、履物の違いや荷物保持の有無に関係なくほぼ同じ膝関節角度となることが確認された。時点2（図3参照）において後続脚の膝関節角度に有意な主効果（履物条件間差および荷物条件間差）は認められなかったが、交互作用が認められ、事後比較検定の結果、スニーカー履きの荷物保持有り時が荷物保持無し時より有意に小さかった。時点3（図3参照）では、荷物条件間に有意差が認められ、両履物ともに荷物保持有り時が荷物保持無し時より有意に小さかった。

表2は、またぎ越し動作各時点の足関節角度の2要因（履物条件間×荷物条件間）分散分析の結果を示している。全ての時点において先導脚・後続脚ともに有意な主効果（履物条件間差および荷物条件間差）および交互作

表1. またぎ越し動作各時点の膝関節角度の2要因（履物条件間×荷物条件間）分散分析および多重比較検定の結果

	サンダル				スニーカー				ANOVA			Post-Hoc F1×2	
	荷無し		荷有り		荷無し		荷有り		F1	F2	F1×2		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD					
先導脚	P1	143.4	7.2	133.9	11.4	139.0	14.0	139.5	11.5	0.05	2.90	1.26	
	P2	77.9	17.2	74.2	8.0	83.1	6.4	80.5	7.7	5.29	1.20	0.03	
	P3	143.0	7.4	146.6	5.7	151.8	5.3	151.7	7.5	6.69	0.35	0.82	
	P4	146.3	5.9	147.4	5.0	153.0	5.8	152.6	8.3	7.03	0.03	0.11	
	P5	156.5	8.5	148.9	16.2	156.4	5.1	154.8	6.9	0.46	1.75	0.62	
	P6	149.0	11.2	151.6	9.1	145.7	6.8	149.6	10.3	3.58	2.03	0.05	
後続脚	P1	154.6	4.8	151.7	13.2	154.6	4.8	154.4	7.3	0.21	0.18	0.46	
	P2	151.3	7.3	152.8	8.4	155.8	5.9	149.1	8.5	0.02	3.77	16.08*	スニーカー: 荷無し>荷有り
	P3	150.5	8.6	146.1	12.7	154.2	8.5	147.9	8.1	0.49	24.69*	0.24	
	P4	148.5	10.1	143.8	14.4	151.6	7.6	148.2	7.6	0.68	5.81	0.08	
	P5	73.8	20.9	65.9	10.2	69.5	12.4	77.2	14.5	0.25	0.00	2.09	
	P6	157.9	4.0	153.6	8.3	160.2	10.5	144.3	14.8	0.42	12.85	12.66	

単位: deg,  $\alpha' = 0.05/6 \cong 0.008$ ,  $F(\text{dfa}=1, \text{dfe}=6, \alpha' \cong 0.008) = 14.95$ , \*F-値>14.95, P1~6は、時点1~6を意味する（図3参照）, F1: 履物条件間差, F2: 荷物条件間差, F1×2: 交互作用

表2. またぎ越し動作各時点の足関節角度の2要因（履物条件間×荷物条件間）分散分析および多重比較検定の結果

	サンダル				スニーカー				ANOVA			
	荷無し		荷有り		荷無し		荷有り		F1	F2	F1×2	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD				
先導脚	P1	88.4	5.0	91.5	11.4	92.1	11.5	87.6	14.3	0.00	0.07	3.41
	P2	99.2	23.7	95.5	18.0	95.5	22.0	86.0	15.1	4.43	2.20	1.22
	P3	112.6	22.2	107.3	22.2	106.6	9.1	95.2	8.2	2.41	3.03	0.68
	P4	103.4	23.3	106.1	14.9	103.1	8.4	95.8	4.0	0.78	0.29	3.75
	P5	85.0	6.2	78.6	14.0	84.0	13.2	76.5	5.4	0.16	8.82	0.03
	P6	93.3	13.2	90.5	10.5	92.1	22.2	84.1	12.6	0.78	0.79	0.84
後続脚	P1	97.6	6.9	95.7	8.1	94.6	8.9	92.1	8.0	1.29	2.58	0.09
	P2	85.8	4.7	83.8	8.0	79.3	8.5	88.6	12.8	0.36	3.70	3.94
	P3	82.0	16.8	85.8	17.7	80.5	9.5	84.3	12.2	0.19	2.24	0.00
	P4	88.8	15.1	88.5	17.0	83.5	11.0	87.4	11.2	0.49	1.29	1.59
	P5	87.9	8.9	85.5	7.5	86.4	10.0	81.2	12.1	1.81	3.71	0.99
	P6	100.1	15.0	98.5	12.3	92.6	11.0	87.9	8.6	7.18	1.06	0.75

単位: deg,  $\alpha' = 0.05/6 \cong 0.008$ ,  $F(\text{dfa}=1, \text{dfe}=6, \alpha' \cong 0.008) = 14.95$ , \*F-値>14.95, P1~6は、時点1~6を意味する（図3参照）, F1: 履物条件間差, F2: 荷物条件間差, F1×2: 交互作用



用は認められず、履物の違いや荷物保持の有無に関係なくほぼ同じ足関節角度となることが確認された。

表3は、またぎ越し動作各時点の膝関節高の2要因(履物条件間×荷物条件間)分散分析の結果を示している。全ての時点において先導脚・後続脚ともに有意な主効果(履物条件間差および荷物条件間差)および交互作用は認められず、履物の違いや荷物保持の有無に関係なくほぼ同じ膝関節高となることが確認された。

表4は先導脚のまたぎ越し幅の2要因(履物条件間×荷物条件間)分散分析および多重比較検定の結果を示している。有意な主効果(履物条件間差および荷物条件間差)は認められなかったが、交互作用が認められ、多重比較検定の結果、スニーカー履きの荷物保持無し時がサンダル履きの荷物保持無し時より有意に大きく、スニーカー履きは荷物保持無し時が荷物保持有り時より有意に大きかった。

#### 4. 考察

先導脚および後続脚の膝関節高はそれらの膝関節最高到達時(時点2および5)において有意差は認められなかった。本研究では、履物の違いや荷物保持の有無に関わらず障害物をまたぎ越し動作では膝を高く上げる動作

が確認された。先行研究(Patla et al, 1991; Chou et al, 1997; 佐藤ら, 2007)では、ヒトは安全性とエネルギー効率に基づいて運動制御を行っているが、特に安全性の確保が主要な基準であることが示唆されている。つまり、ヒトは障害物をまたぎ越し際に転倒の危険性を軽減し、安全性を確保するため、膝関節の高さをほぼ一定に保つと考えられる。

先導脚のまたぎ越し幅は、スニーカー履きの荷物保持無し時は、荷物保持有り時より、また、サンダル履きの荷物保持無し時より有意に大きかった。平林ら(2005)は、スニーカー歩行時と裸足歩行時の歩幅および荷重位置の変化はほぼ同じであると報告している。本研究は、平林ら(2005)の研究と異なり、障害物のまたぎ越し歩行であったが、スニーカー履きは脱げやすいサンダル履きと比べて、先導脚を大きく踏み出すことが可能で安定した姿勢が維持された。よって、障害物のまたぎ越し歩行を伴う場合、スニーカー履きはサンダル履きに比べて大きなまたぎ越し幅を獲得できると推察される。ところで、Winter et al. (1990)の報告によると、膝伸展および足低屈パワーの低下は歩幅の短縮に影響する可能性がある。本研究で利用した荷物は自重の10%の負荷であったが、荷物を保持することにより脚の筋力やパワーの発揮は低下すると考えられる。つまり、荷物を保持しての

表3. またぎ越し動作各時点の膝関節高の2要因(履物条件間×荷物条件間)分散分析の結果

	サンダル				スニーカー				ANOVA			
	荷無し		荷有り		荷無し		荷有り		F1	F2	F1×2	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD				
先導脚	P1	43.3	5.0	42.5	4.4	42.5	5.3	44.2	5.2	0.65	1.03	10.71
	P2	78.9	6.3	80.6	6.1	80.9	7.2	80.9	8.6	0.68	0.44	0.29
	P3	50.5	7.8	49.2	4.7	48.9	4.8	49.6	4.2	0.22	0.08	0.61
	P4	48.9	7.1	46.8	4.6	46.7	5.5	47.8	4.5	0.72	0.44	2.31
	P5	44.2	7.1	43.7	6.4	41.4	7.3	44.9	6.8	1.58	0.26	0.17
	P6	43.2	6.9	42.5	6.6	42.7	6.7	43.9	6.1	0.43	0.18	3.64
後続脚	P1	44.7	6.2	44.2	6.4	45.2	6.2	45.4	6.6	3.12	0.99	1.42
	P2	44.4	6.1	44.6	5.9	45.0	6.0	45.3	6.0	0.52	0.04	2.97
	P3	42.0	5.1	42.4	5.6	43.7	5.8	43.4	4.9	0.06	0.44	2.53
	P4	41.4	5.7	42.3	5.7	43.3	6.2	43.8	4.9	1.64	1.57	0.70
	P5	51.0	7.7	52.3	10.7	53.1	10.3	54.4	8.4	0.25	0.35	0.25
	P6	44.7	6.0	43.4	6.6	44.6	8.0	46.2	5.9	2.92	1.57	1.35

単位:cm,  $\alpha' = 0.05/6 \div 0.008$ ,  $F(dfa=1, dfe=6, \alpha' \div 0.008) = 14.95$ , \*F-値>14.95, P1~6は、時点1~6を意味する(図3参照), F1:履物条件間差, F2:荷物条件間差, F1×2:交互作用

表4. 先導脚のまたぎ越し幅の2要因(履物条件間×荷物条件間)分散分析および多重比較検定の結果

	サンダル				スニーカー				ANOVA			Post-Hoc F1×2
	荷無し		荷有り		荷無し		荷有り		F1	F2	F1×2	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD				
	118.9	15.0	115.5	13.6	124.8	10.5	115.6	14.7	0.35	3.93	6.75*	スニーカー荷無し>サンダル荷無し スニーカー:荷無し>荷有り

単位:cm, \*p<0.05, F1:履物条件間差, F2:荷物条件間差, F1×2:交互作用

歩行は、筋力の発揮が抑制され、またぎ越し幅は、荷物を保持しない場合より小さくなると推察される。また、荷物を保持して障害物をまたぎ越す場合、支持脚の筋群にかかる負担が大きく、片脚で安定した姿勢を保持することが困難になることから、またぎ越す脚を大きく踏み出せないのかもしれない。一方、サンダル履き時では荷物保持の有無の差は認められなかった。障害物をまたぎ越す際、サンダル履きは脱げやすいことから、荷物保持の有無に関わらず、またぎ越す脚を早く着床する可能性がある。つまり、サンダル履きは、荷物保持の有無にはほとんど関係がないと判断される。

先導脚の膝関節の最高到達時(時点2)において、スニーカー履きの後続脚の膝関節角度は、荷物保持有り時が荷物保持無し時より有意に小さかった。障害物をまたぎ越す際、重心を上方に移動させるため姿勢が不安定になるが、片手で荷物を保持した場合はそれがより顕著になると考えられる。目的動作の運動遂行の運動方略は、作為しない限り、その人間が持つ身体能力、環境・経験から最も効率の良い安全が予期される方略を選択する(萩原ら, 2006)。片手で荷物を保持し障害物をまたぎ越す際、ヒトは無意識に姿勢の安定を図るために後続脚の膝関節を屈曲させ重心位置をやや低くさせるのかもしれない。

先導脚のかかと着床時(時点3)において、履物に関わらず、後続脚の膝関節角度は荷物保持有り時が荷物保持無し時より有意に小さかった。阿江ら(1999)は、障害物をまたぎ越す動作において、障害物が高い場合、片脚支持の状態から脚を降ろすことは容易ではなく、またぎ越す脚の下降時間が長くなると報告している。彼らの報告から、荷物を保持して障害物をまたぎ越す場合、先導脚を下降させるまでの時間、支持脚である後続脚にかかる負担が大きく推察される。今回の結果から、荷物を保持してある程度の高さの障害物をまたぎ越す際、先導脚の着床時前から後続脚(支持脚)は荷物保持の場合、膝関節を屈曲させていると判断される。また、先導脚の着床時においても、荷物保持の場合は姿勢が不安定であるため、後続脚は膝関節をやや屈曲させ、重心を低くし、姿勢の安定を図る可能性がある。

一方、本研究の結果から、先導脚の膝関節および足関節角度は、全ての時点で履物の違いおよび荷物保持の有無の影響は無いことが確認された。阿江ら(1999)は、障害物をまたぎ越す際、クリアランス前から接地直前まで足背屈が続くと報告している。つまり、障害物をまたぎ越す際、履物に関わらずまたぎ越す脚はある程度足背屈を保持するため、履物の違いが先導脚の足関節角度に

影響しなかったのかもしれない。

以上のことから、安定した動作が可能なスニーカー履きは、荷物保持の有無が後続の支持脚の膝関節角度やまたぎ越し幅に影響すると推察される。本研究の対象者は青年であったが、高齢者が障害物をまたぎ越す場合、支持脚にかかる負担が大きく、荷物を保持することによってさらにそれが大きくなるために注意を要するであろう。また、日常生活では、階段の昇段動作や車道と歩道を分けている縁石および低い段差等の障害物をまたぎ越す動作が必要な場合があるが、その際特に、高齢者は着脱しやすいサンダルよりも足部が固定されるスニーカーを履く方が安全と考えられる。一方、本研究の結果から、障害物をまたぎ越す際、スニーカー履きは荷物保持の有無の影響が大きいため、青年においても荷物を保持して障害物をまたぎ越す場合、サンダル履きのみならずスニーカー履きも転倒を誘発する危険性が高いかもしれない。

## 5. まとめ

青年が障害物(高さ17 cm, 幅24 cm, 奥行12 cm)をまたぎ越す場合、後続脚の膝関節は荷物保持の影響を受けるが、履物(スニーカーおよび底の低いサンダル)による影響はそれほど大きくない。

## 文献

- 阿江通良, 岡田英考, 尾碇哲郎, 藤井範久(1999) 高齢者の歩行中のまたぎ越し動作に関するKinematics的研究. バイオメカニズム学会誌 32: 112-121.
- Austin, G., Garrett, G., and Bohannon, R. (1999) Kinematic analysis of obstacle clearance during locomotion. *Gait & Posture* 10: 109-120.
- Chou, L., Dragonich, L., and Song S. (1997) Minimum energy trajectories of the swing ankle when stepping over obstacles of different height. *Journal of Biomechanics* 30: 115-120.
- Demura, S., and Uchiyama, M. (2007) Proper assessment of the falling risk in the elderly by a physical mobility test with an obstacle. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* 212: 13-20.
- 萩原礼紀, 久保達郎, 堀江良典, 勝田基嗣(2006) 椅子から立ち上がる動作の3つの過程. *Health and Behavior Science* 5: 17-25.
- 平林由香, 大西範和, 斉藤真, 片瀬真由美, 安藤裕明,

- 栗林薫, 塩之谷香 (2005) ミュール型サンダルの歩行に及ぼす影響—足圧分布解析を中心に—. 日本生理人類学会誌 10: 53-60.
- 飯干明 (1998) 在宅高齢者が荷物を持ち歩く時の転倒の実態と歩行動作, 鹿児島大学医学雑誌50: 89-99.
- 小林吉之, 嶺也守寛, 藤本浩志 (2006) 傾いた障害物を跨いで超える際の歩容に関する研究. バイオメカニズム学会誌 30: 85-92.
- Ling, W., Houston, V., Tsai, Y, S., Chui K, and Kirk J. (2004) Women's load carriage performance using modular lightweight load-carrying equipment. *Military medicine* 169: 914-919.
- 森本安夫, 伊藤讓, 望月弘貴 (2003) 歩行パラメータの負荷依存性. 明治鍼灸医学32: 49-56.
- 大淵修一 (2003) 高齢者の転倒と予防. バイオメカニズム学会誌 27: 2-5.
- Oldfield, R, C. (1971) The assessment and analysis of handedness the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9: 97-113.
- Patla, A., Prentice, S., Robinson, C., and Neufeld, J. (1991) Visual control of locomotion: Strategies for changing direction and for going over obstacles. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance* 17: 603-634.
- Patla, A., and Rietdyk, S. (1993) Visual control of limb trajectory over obstacles during locomotion effect of obstacle height and width. *Gait & Posture* 1: 45-60.
- Sadeghi, H., Allard, P., Prince, F., and Labelle, H. (2000) Symmetry and limb dominance in able-bodied gait. *Gait & Posture* 12: 34-35.
- 佐藤祐介, 吉本俊明, 武侯壽郎 (2007) 昇段動作における遊脚の予測制御—キネマティクスからの検討—. *Health and Behavior Science* 5: 59-65.
- 佐々木麻巳子, 水島健太郎, 楠木陽子, 長谷裕美, 廣谷江里, 梶家慎吾, 木澤清行 (2003) 転倒危険因子の検討. 鐘紡記念病院誌 18: 57-61.
- Winter, DA., Patla, AE., Frank, JS., and Walt, SE. (1990) Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Physical Therapy* 70: 340-347.