

# ダウンヒル・ランニングの走速度特性に関する研究

荒 川 勝 彦

## A Study on Characteristics of Running Velocity During Downhill Running

Katsuhiko ARAKAWA

### Abstract

The purpose of this study was to analyze the velocity curve of horizontal surface running and that of downhill running, and to examine the characteristics of running velocity during downhill running. The subjects for this study were three athletes. Two descending slopes with different grade, 6.2%, 6.5% against the horizontal track were set up. All the tracks were paved with asphalt. An electric running timer was used to determine the velocity during a 100 m run.

Following results were obtained.

- 1) On downhill running, the supramaximal Velocity was found to be greater than the maximal velocity of horizontal surface running throughout 100 meters.
- 2) The maximal velocities of 6.2% and 6.5% downhill runnings were increased by 1.4% and 4.3% respectively than those of horizontal surface running.
- 3) The stride rates of 6.2% and 6.5% downhill runnings were decreased by 4.3% and 2.3% respectively than those of the horizontal surface running.
- 4) The stride lengths of 6.2% and 6.5% downhill runnings became longer by 7.8% and 8.3% respectively than those of the horizontal surface running.
- 5) It was suggested that the supramaximal velocities found in the downhill runnings were created not by the stride rates but by the lengthening of the stride lengths.
- 6) On downhill running, two subjects out of three revealed faster time both in actual time and in mental time than on the horizontal surface running. Therefore, it was conceivable that the supramaximal velocity of downhill running includes the elements of physical velocity and mental velocity.

### 1. 緒 言

競技力向上という観点から、疾走速度の分析を取り扱った研究は数多くみられる。

研究成果としては、「最高速度は、100 m 疾走の所要時間と密接な関係があり、疾走能力の向上は、最高速度を大きくすることが重要な因子になる。」<sup>4-6), 13)</sup> という結果が認められている。

ここで取り上げようとする坂下り走 (Downhill running) は、最高速度を大きくするためのトレーニング方法とされている。

Dintiman (1972)<sup>3)</sup> は、坂下り走を、スプリント・ア

システッド・トレーニング (Sprint assisted training) として位置づけ、スプリント・トレーニングの中で適正に利用して行くべきことを述べている。

Zatziorskii (1975)<sup>14)</sup> によれば、坂下り走は、下り坂という有利な条件を利用して、選手が自分の持てる最大速度を上回るスピード感を頭に入れることであり、スピードの壁を破り、さらにスピードを高めようとする場合の一方法であるとされている。

これまでの走運動に関する研究は、水平面走路における最大下から最大速度までを研究の対象としてきた。

坂下り走が、最大速度を越える超最大速度をねらいとする点で、運動学的にも興味深い。

しかし、坂下り走についての研究報告は、主にコー

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	100 m best time (sec)	Career (yrs)	Athletic events
T.S.	20	170.0	58.0	11.2	9	Sprinter
H.I.	20	183.0	75.0	12.9	2	Middle distance runner
J.T.	18	172.0	57.0	11.7	5	Middle distance runner

チの立場から見解を述べたものや、あるいは、実験結果の一部を発表したものにとどまっている。

坂下り走のねらいとされている超最大速度についても、坂下り走における歩幅とピッチについても、まだ十分な資料は得られていない。

そこで本研究では、スプリント・トレーニングにおける坂下り走の基礎資料を得るために、水平面走と坂下り走の疾走速度曲線を分析、比較して、坂下り走の走速度特性について検討しようとするものである。

## 2. 研究 方 法

### 2.1 被 検 者

被検者は、短距離選手1名、中距離選手2名の計3名であった。被検者は、いずれも大学陸上競技部に所属している者であった。被検者の身体的特徴を表1に示した。

### 2.2 疾走距離の条件及び疾走速度の条件

疾走距離は、水平面走路、下り坂走路すべて100 mであった。

疾走速度の条件としては、水平面走路、下り坂走路すべて最高速度での疾走とした。本実験においては、走路が全てアスファルト舗装の走路のため、アップシューズでの全力疾走であった。

### 2.3 傾斜走路の選定

本研究では、水平面走路に対し、6.2%と6.5%の二つの下り坂を選定した。

下り坂走路は、某自動車株式会社敷地内の傾斜路であり、傾斜勾配の測定は、某株式会社が行ない、本研究では、その測定値を使用した。

下り坂走路は、一定の傾斜が続く坂であり、本研究で設定した疾走距離100 mの前後には、十分余裕があるものを選んだ。したがって被検者は、全力疾走に専念することができた。

### 2.4 疾走速度測定方法

疾走速度の測定は、ランニングタイマー（竹井機器製）で行なった。本装置は、走運動のラップタイムとトータルタイムを0.01秒単位で測定するものである。

装置は、投光器と受光器とから成り、投光器から受光器への光線を走者が遮断する時入力となり、タイマー本体に内蔵されたデジタルプリンターにより印字出力される。

また、スタート用ピストルとスターティングブロックの前方に電気スイッチをとりつけ、ピストル発信時、スターティングブロック離脱時に入力される仕組みになっている。

本実験では、投光器と受光器を、走路をはさんで向い合わせ、スタートラインから40 mまでは、5 m間隔で8対、40 mから100 mまでは10 m間隔で6対、合計14対設置した。

被検者は、水平面走路、下り坂走路、全て電気スイッチをとりつけたスタート用ピストルの発信により、クラウチングスタートで発走した。

疾走回数は、水平面走路、下り坂走路、全て3回ずつであった。

さらに、16 mm ビデオカメラで、水平面走路、下り坂走路におけるそれぞれの疾走を撮影し、録画を再生することにより、水平面走路、下り坂走路での、100 mに要した走数を調べた。

図1に実験構成を示した。

### 2.5 内 省 報 告

水平面走路、下り坂走路ともに被検者から、全ての疾走後に、「何秒で走ったと思いますか?」、「走ってみてどんな感じを持ちましたか?」という二項目についての内省報告をとった。

### 2.6 測定順序及び実験期間

測定順序は、第1日目は水平面走路、2日目は6.2%



Fig. 1. Experimental set-up.

の下り坂走路, 3 日目は 6.5% の下り坂走路の順であった。

実験期間は, 昭和 62 年 7 月 29 日, 30 日, 31 日であった。実験期間は, 無風, 快晴であった。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 5 m, 10 m ごとの所用時間

表 2-1, 表 2-2, 表 2-3 は, 3 名の被検者が, 水平面走路, 6.2% の下り坂走路, 6.3% の下り坂走路を全力疾走した時の, 5 m, 10 m ごとの所要時間, 及び 100 m タイムを示したものである。

表 3 は, 水平面走路, 6.2% の下り坂走路, 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の, 5 m, 10 m ごとの平均所要時間を示したものである。これは, 3 名の被検者がそれぞれの条件下で 3 試行ずつ全力疾走を行なったものの平均値である。

#### 3.2 坂下り走(Downhill running)の疾走速度曲線

表 4 は, 表 3 の平均所要時間から求めた 5 m, 10 m ごとの平均区間速度である。

水平面走路での平均区間速度を 100% として, 6.2% と 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の平均区間速度を指数として表し, 比較してみた。

図 2 は, 表 4 から作図した疾走速度曲線である。

横軸は距離 (m), 縦軸は走速度 (m/秒) である。

実線は水平面走路, 破線は 6.2% の下り坂走路, 一点鎖線は 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の, 疾走速度曲線を示したものである。

6.2% と 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の走

速度は, スタートから 100 m 全体にわたり, 水平面走路での値を上回る走速度が発現していることが確認できた。

これまでの走運動に関する研究は, 水平面走路における最大下から最大速度までを対象として取り扱ってきたので, 坂下り走 (Downhill running) では, 水平面走路で得られる最大速度を上回る超最大速度が得られ, しかも, 部分的なものではなく, 疾走距離 100 m 全体にわたって認められたという結果は, スプリント・トレーニング方法の観点からは意義のあることと考えられる。

#### 3.3 最大速度と速度通減率

表 5 は, 水平面走路と 6.2%, 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の, 最大速度と速度通減率を示したものである。

速度通減率は, 最大速度と完走時速度から,

$$\text{速度通減} = \frac{\text{最大速度} - \text{完走時速度}}{\text{最大速度}} \times 100$$

の公式で求めた。

最大速度は, 6.2% の坂下り走では 1.4%, 6.5% の坂下り走では 4.3%, 水平面走の値よりも増加していた。

一方, 速度通減率は, 水平面走の 8.6% に対し, 6.2% の坂下り走では 6.8%, 6.5% の坂下り走では 4.9% と低い値を示し, 坂下り走では, 水平面走より, 最大速度の維持においても優れていることを示した。

#### 3.4 加 速 度

表 6 は, 水平面走路と 6.2%, 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の平均加速度を示したものである。

水平面走も坂下り走も, とともに 5 m~10 m の区間で最大加速度を示した。

その時の最大加速度は, 水平面走で 4.92 m/秒<sup>2</sup>, 6.2% の坂下り走で 5.09 m/秒<sup>2</sup>, 6.5% の坂下り走で 5.28 m/秒<sup>2</sup> と, 傾斜勾配が急になるにつれて, 最大加速度も大きくなる傾向を示した。

100 m 全体にわたる加速度の変化は, 水平面走も坂下り走も, ほとんど同じ傾向を示した。

#### 3.5 坂下り走のピッチと歩幅

表 7 は, 水平面走路と 6.2%, 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の 100 m タイム, 100 m に要した歩数, 100 m の平均速度, 平均ピッチ, 平均歩幅を示したものである。試行回数は, 水平面走路, 各下り坂走路とも

Table 2-1. Split time at different parts of the distance (Horizontal surface running) (sec).

Subj.	No.	Start 5 m	5 m 10	10 15	15 20	20 25	25 30	30 35	35 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 90	90 100	Start 100 m Total time
T.S.	1	1.50	0.73	0.67	0.62	0.59	0.59	0.58	0.58	1.13	1.17	1.15	1.16	1.20	1.22	12.89
	2	1.73	0.72	0.65	0.58	0.58	0.58	0.58	0.56	1.08	1.12	1.11	1.12	1.15	1.17	12.73
	3	1.69	0.71	0.64	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	1.07	1.10	1.09	1.11	1.13	1.16	12.51
	$\bar{x}$	1.640	0.720	0.653	0.587	0.577	0.577	0.573	0.570	1.093	1.130	1.117	1.130	1.160	1.183	12.710
H.I.	1	1.77	0.76	0.75	0.67	0.61	0.655	0.655	0.64	1.25	1.31	1.31	1.32	1.34	1.41	14.45
	2	1.71	0.78	0.71	0.66	0.62	0.63	0.64	0.62	1.22	1.28	1.28	1.28	1.33	1.35	14.11
	3	1.71	0.79	0.71	0.66	0.63	0.63	0.63	0.62	1.22	1.27	1.29	1.29	1.31	1.34	14.10
	$\bar{x}$	1.730	0.777	0.723	0.663	0.620	0.638	0.642	0.627	1.230	1.287	1.293	1.297	1.327	1.367	14.220
J.T.	1	1.52	0.72	0.64	0.60	0.55	0.56	0.60	0.57	1.10	1.16	1.15	1.17	1.19	1.21	12.74
	2	1.52	0.75	0.67	0.62	0.58	0.58	0.56	0.60	1.11	1.16	1.14	1.16	1.18	1.20	12.83
	3	1.49	0.73	0.66	0.61	0.57	0.58	0.54	0.58	1.11	1.14	1.14	1.15	1.17	1.19	12.66
	$\bar{x}$	1.51	0.733	0.657	0.610	0.567	0.573	0.567	0.583	1.107	1.153	1.143	1.160	1.180	1.20	12.743

Table 2-2. Split time at different parts of the distance (Downhill running 6.2%) (sec).

Subj.	No.	Start 5 m	5 m 10	10 15	15 20	20 25	25 30	30 35	35 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 90	90 100	Start 100 m Total time
T.S.	1	1.52	0.75	0.67	0.65	0.60	0.61	0.58	0.59	1.15	1.16	1.17	1.19	1.18	1.23	13.05
	2	1.49	0.72	0.63	0.61	0.575	0.575	0.54	0.55	1.09	1.09	1.13	1.16	1.16	1.22	12.54
	3	1.43	0.75	0.60	0.67	0.59	0.58	0.565	0.565	1.12	1.09	1.10	1.10	1.11	1.16	12.43
	$\bar{x}$	1.480	0.740	0.633	0.643	0.588	0.588	0.562	0.568	1.120	1.113	1.133	1.150	1.150	1.203	12.673
H.I.	1	1.69	0.75	0.67	0.65	0.63	0.61	0.61	0.60	1.24	1.21	1.26	1.29	1.30	1.36	13.87
	2	1.69	0.75	0.65	0.65	0.61	0.61	0.60	0.62	1.19	1.19	1.22	1.23	1.23	1.29	13.53
	3	1.66	0.71	0.69	0.64	0.61	0.57	0.62	0.60	1.17	1.17	1.17	1.19	1.18	1.22	13.20
	$\bar{x}$	1.680	0.737	0.670	0.647	0.617	0.597	0.610	0.607	1.200	1.190	1.217	1.237	1.237	1.290	13.533
J.T.	1	1.49	0.67	0.65	0.585	0.585	0.55	0.55	0.56	1.12	1.11	1.13	1.12	1.15	1.16	12.43
	2	1.47	0.70	0.61	0.58	0.55	0.54	0.53	0.53	1.06	1.05	1.07	1.08	1.09	1.11	11.97
	3	1.46	0.71	0.59	0.60	0.56	0.53	0.54	0.52	1.08	1.07	1.10	1.09	1.10	1.13	12.08
	$\bar{x}$	1.473	0.693	0.617	0.588	0.565	0.540	0.540	0.537	1.087	1.077	1.100	1.097	1.113	1.133	12.16

Table 2-3. Split time at different parts of the distance (Downhill running 6.5%) (sec).

Subj.	No.	Start 5 m	5 m 10	10 15	15 20	20 25	25 30	30 35	35 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 90	90 100	Start 100 m Total time
T.S.	1	1.47	0.70	0.69	0.62	0.59	0.57	0.57	0.57	1.12	1.13	1.14	1.16	1.17	1.17	12.67
	2	1.46	0.70	0.64	0.57	0.585	0.585	0.55	0.57	1.11	1.11	1.09	1.09	1.10	1.15	12.31
	3	1.49	0.70	0.64	0.58	0.56	0.56	0.55	0.54	1.07	1.06	1.08	1.09	1.10	1.06	12.08
	$\bar{x}$	1.473	0.700	0.657	0.590	0.578	0.572	0.557	0.560	1.100	1.100	1.103	1.113	1.123	1.127	12.353
H.I.	1	1.65	0.73	0.67	0.61	0.62	0.57	0.59	0.59	1.16	1.18	1.21	1.23	1.29	1.30	13.40
	2	1.67	0.73	0.67	0.62	0.63	0.57	0.61	0.58	1.16	1.16	1.18	1.19	1.20	1.22	13.19
	3	1.66	0.73	0.67	0.63	0.61	0.56	0.62	0.58	1.15	1.16	1.16	1.19	1.22	1.26	13.20
	$\bar{x}$	1.660	0.730	0.670	0.620	0.620	0.567	0.607	0.583	1.157	1.167	1.183	1.203	1.237	1.26	13.263
J.T.	1	1.53	0.70	0.58	0.61	0.55	0.52	0.53	0.52	1.05	1.04	1.05	1.05	1.08	1.10	11.91
	2	1.45	0.68	0.58	0.59	0.54	0.51	0.53	0.52	1.02	1.03	1.04	1.04	1.06	1.05	11.64
	3	1.34	0.73	0.61	0.56	0.53	0.52	0.51	0.51	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	11.52
	$\bar{x}$	1.440	0.703	0.590	0.587	0.540	0.517	0.523	0.517	1.027	1.030	1.040	1.043	1.063	1.070	11.690

Table 3. Comparison of split time between horizontal surface running and downhill running (sec).

Condition	Start 5 m	5 m 10	10 15	15 20	20 25	25 30	30 35	35 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 90	90 100
Horizontal	1.627	0.743	0.678	0.620	0.588	0.596	0.594	0.593	1.143	1.190	1.184	1.196	1.222	1.250
Downhill 6.2%	1.544	0.723	0.640	0.626	0.590	0.575	0.571	0.571	1.136	1.127	1.150	1.161	1.167	1.209
Downhill 6.5%	1.524	0.711	0.639	0.599	0.579	0.552	0.562	0.553	1.094	1.099	1.109	1.120	1.141	1.152

Table 4. Comparison of velocity between horizontal surface running and downhill running (m/sec).

Condition	Start 5 m	5 m 10	10 15	15 20	20 25	25 30	30 35	35 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 90	90 100
Horizontal	3.073 (100 )	6.729 (100 )	7.375 (100 )	8.065 (100 )	8.503 (100 )	8.389 (100 )	8.418 (100 )	8.432 (100 )	8.749 (100 )	8.403 (100 )	8.446 (100 )	8.361 (100 )	8.183 (100 )	8.000 (100 )
Downhill 6.2%	3.238 (105.4)	6.916 (102.8)	7.813 (105.9)	7.987 (99.0)	8.475 (99.7)	8.696 (103.7)	8.757 (104.0)	8.757 (103.9)	8.803 (100.6)	8.873 (105.6)	8.696 (103.0)	8.613 (103.0)	8.569 (104.7)	8.271 (103.4)
Downhill 6.5%	3.281 (106.8)	7.032 (104.5)	7.825 (106.1)	8.347 (103.5)	8.636 (101.6)	9.058 (108.0)	8.897 (105.7)	9.042 (107.2)	9.132 (104.4)	9.099 (108.3)	9.017 (106.8)	8.929 (106.8)	8.764 (107.1)	8.681 (108.5)

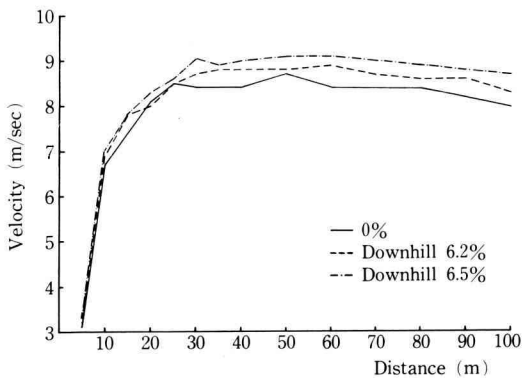


Fig. 2. Velocity curve.

それぞれ3回ずつであった。

100 m タイムは、ランニングタイマーで測定し、100 m に要した歩数は、ビデオカメラで撮影した録画を再生して測定した。

Table 5. Maximum velocity and rate of decrease of speed.

Condition	max. Velocity (m/sec)	decrease (%)
Horizontal	8.75 (100 )	8.6
Downhill 6.2%	8.87 (101.4)	6.8
Downhill 6.5%	9.13 (104.3)	4.9

6.5% の坂下り走において、T.S. の疾走録画を再生した結果、画像が不鮮明で歩数を数えるのが困難であったため資料から削除した。

表 8 は、水平面走とそれぞれの坂下り走の測定項目についての、3 名の被検者の平均値を示したものである。

各測定項目とも、水平面走の値を 100% として、それぞれの坂下り走で得られた値を比較した。

100 m タイムは、水平面走よりも、下り坂勾配が急に

Table 6. Comparison of acceleration between horizontal surface running and downhill running (m/sec<sup>2</sup>).

Condition	Start 5 m	5 m 10	10 15	15 20	20 25	25 30	30 35	35 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 90	90 100
Horizontal	1.889	4.921	0.953	1.113	0.745	-0.191	0.049	0.024	0.277	-0.291	0.036	-0.071	-0.146	-0.146
Downhill 6.2%	2.097	5.087	1.402	0.278	0.827	0.384	0.107	0	0.040	0.062	-0.154	-0.071	-0.038	-0.246
Downhill 6.5%	2.153	5.276	1.241	0.871	0.499	0.764	-0.286	0.262	0.082	-0.030	-0.074	-0.079	-0.145	-0.072

Table 7. 100 m time, Step number, velocity, stride rate, stride length.

Subj.	No.	Horizontal					No.	Downhill 6.2%					No.	Downhill 6.5%				
		100 m time (sec)	Step number (steps)	Velocity (m/sec)	Stride rate (steps/sec)	Stride length (m)		100 m time (sec)	Step number (steps)	Velocity (m/sec)	Stride rate (steps/sec)	Stride length (m)		100 m time (sec)	Step number (steps)	Velocity (m/sec)	Stride rate (steps/sec)	Stride length (m)
T.S.	1	12.89	52	7.76	4.03	1.92	1	13.05	48	7.66	3.68	2.08	1	12.67	—	7.89	—	—
	2	12.73	53	7.86	4.17	1.89	2	12.54	49	7.97	3.91	2.04	2	12.31	—	8.12	—	—
	3	12.51	54	7.99	4.31	1.85	3	12.43	49	8.05	3.94	2.04	3	12.08	—	8.28	—	—
	$\bar{x}$	12.71	53	7.87	4.17	1.89	$\bar{x}$	12.67	48.7	7.89	3.84	2.05	$\bar{x}$	12.35	—	8.10	—	—
H.L.	1	14.45	54	6.92	3.73	1.85	1	13.87	52	7.21	3.75	1.92	1	13.40	51	7.46	3.80	1.96
	2	14.11	55	7.09	3.89	1.82	2	13.53	51	7.39	3.77	1.96	2	13.19	51	7.58	3.86	1.96
	3	14.10	56	7.09	3.97	1.79	3	13.20	51	7.58	3.86	1.96	3	13.20	51	7.58	3.86	1.96
	$\bar{x}$	14.22	55	7.03	3.86	1.82	$\bar{x}$	13.53	51.3	7.39	3.79	1.95	$\bar{x}$	13.26	51	7.54	3.84	1.96
J.T.	1	12.74	49	7.85	3.85	2.04	1	12.43	46	8.05	3.70	2.17	1	11.91	46	8.40	3.86	2.17
	2	12.83	48	7.79	3.75	2.08	2	11.97	45	8.35	3.76	2.22	2	11.64	45	8.59	3.86	2.22
	3	12.66	49	7.90	3.88	2.04	3	12.08	45	8.28	3.73	2.22	3	11.52	45	8.68	3.91	2.22
	$\bar{x}$	12.74	48.7	7.85	3.83	2.05	$\bar{x}$	12.16	45.3	8.23	3.73	2.20	$\bar{x}$	11.69	45.3	8.56	3.88	2.20

Table 8. Comparison of five factors between horizontal surface running and downhill running.

Condition	N	100 m time (sec)	Step number (steps)	Velocity (m/sec)	Stride rate (steps/sec)	Stride length (m)
Horizontal	3	13.22 (100 )	52.2 (100 )	7.58 (100 )	3.95 (100 )	1.92 (100 )
Downhill 6.2%	3	12.79 ( 96.7)	48.4 ( 92.7)	7.84 (103.4)	3.79 ( 95.9)	2.07 (107.8)
Downhill 6.5%	2	12.48 ( 94.4)	48.2 ( 92.3)	8.05 (106.2)	3.86 ( 97.7)	2.08 (108.3)

なるにしたがい短縮していた。

100 m に要した歩数は水平面走よりも下り坂勾配が急になるにつれて少なくなっていた。

平均走速度は、水平面走では 7.58 m/秒であり、6.2% の坂下り走では 7.84 m/秒 (103.4%)、6.5% の坂下り走では 8.05 m/秒 (106.2%) と増加しており、坂下り走においては、水平面走よりも速い平均走速度が発現していた。

平均ピッチは、水平面走では 3.95 回/秒であり、6.2% の坂下り走では 3.79 回/秒 (95.9%)、6.5% の坂下り走では 3.86 回/秒 (97.7%) と減少していた。

平均歩幅は、水平面走では 1.92 m であり、6.2% の坂下り走では 2.07 m (107.8%)、6.5% の坂下り走では 2.08 m (108.3%) と、それぞれ 15 cm、16 cm 増加していた。

以上の結果から、6.2% と 6.5% の坂下り走 (downhill running) で発現した超最大速度は、ピッチではなく、歩幅の増大に起因していることが認められた。

以上の本研究の結果は、筆者(1979)<sup>1)</sup> が水平面走路と 1.3%、2.4%、6.9%、9.7% の 4 つの下り坂走路での疾走を 16 mm 高速度カメラで撮影し分析して得た前回の結果と一致するものである。

また、Nelson と Osterhoudt (1971)<sup>8)</sup>、Nelson *et al.* (1972)<sup>9)</sup> は、室内に特殊な uphill slope と downhill slope を作成し、水平面、10% uphill、10% downhill を、3.35、4.48、6.40 m/秒の 3 種類の最大下の速度で走破する時の走運動を高速度カメラで撮影し分析して、次のような結果を報告している。

「ダウンヒルランニングでは、最も長い歩幅が生じ、次いで水平面での歩幅であり、最も短い歩幅は、アップヒルランニングで生じた。」

「最も少いピッチは、ダウンヒルランニングで生じ、一方最も多いピッチは、アップヒルランニングで生じた。」

実験用傾斜走路が室内用であること、また選定した 3 種類の速度が最大下の速度であったという点で、本

研究の実験構成とは異なるものの、Nelson と Osterhoudt (1971)<sup>8)</sup>、Nelson *et al.* (1972)<sup>9)</sup> の実験結果と、本研究の水平面走に対する坂下り走のピッチ、歩幅の変化結果は一致していた。

Broom (1962)<sup>2)</sup> は、コーチの立場からダウンヒルランニングについての見解を示しているが、そのなかで、ダウンヒルランニングでは、歩幅が減少すると述べている。

本研究で得られた結果は、上記の Broom (1962)<sup>2)</sup> の見解に対しては反対の結果を示した。

Ozolin (1971)<sup>10)</sup> は、「2-3% の下り坂の実験で、多くのピッチによる、約 13% のスピードの平均増加が得られ、引き続きの平らなトラックでの疾走では、ピッチは、ほぼ 17% 増加した。」ことを報告している。

Milakov と Cox (1962)<sup>7)</sup> は、「ダウンヒルスロープでのトレーニングは、ピッチの増加、歩幅の増加、水平面走路で得られるスピードよりも速いスピードの調達が可能である。」という見解を述べ、「ダウンヒルスロープは、水平面から 2.6 度以上あってはいけない。」と指摘している。

本研究で選定した 6.2% と 6.5% のダウンヒルランニングでは、水平面走路での疾走よりも、走速度の増加と歩幅の増加は認められたものの、ピッチは減少していた。

Ozolin (1971)<sup>10)</sup> や Milakov と Cox (1962)<sup>7)</sup> が述べているような、ピッチが増加するダウンヒルスロープがあるとすれば、この問題は、至適傾斜という傾斜の選定に集約されるものと考えられる。今後はゆるやかな傾斜で測定してみる必要があると考えられる。

### 3.6 内省報告

図 3、図 4、図 5 は、水平面走、坂下り走における実際のタイムと心理的タイムを表したものである。

坂下り走では、スピード感覚も重要な要素とされている。しかし、スピード感覚というものは多分に心理的なもの、個人的なものと考えられ、測定方法も確立されていないようである。そこで本研究では、一つの試みとして疾走後に内省報告をとってみた。

ここで、実際のタイムは、ランニングタイマーで測定した値であり、心理的タイムは、疾走後「何秒で走ったと思いますか?」という内省報告の質問に対する回答をもって表した。

図 3 は、被検者 T.S. の実際のタイム、心理的タイムの結果である。

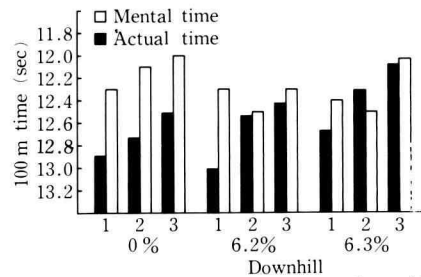


Fig. 3. Actual time and mental time for subject T.S..

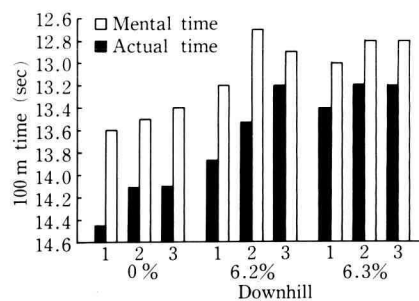


Fig. 4. Actual time and mental time for subject H.I..

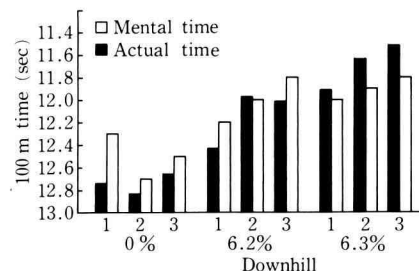


Fig. 5. Actual time and mental time for subject J.T..

横軸は、疾走走路の条件であり、縦軸は、100 m タイム（秒）である。上方に行くにしたがい、速い速度で走ったことを示している。

水平面走も坂下り走も、実際のタイムは、1 試行目、2 試行目、3 試行目というように 100 m タイムがよくなって行き、3 試行目が最も速いタイムを示していた。水平面走で得られた最高タイムよりも速い速度は、6.2% の坂下り走の 3 試行目、6.5% の坂下り走の第 2、第 3 試行目で生じていた。

一方、心理的タイムは、水平面走の第 3 試行目の値



表 9. 内省報告の結果  
 (「走ってみてどんな感じを持ちましたか?」という質問に対する回答)

Subj.	No.	Horizontal	Downhill (6.2%)	Downhill (6.5%)
T.S.	1.	アスファルトで走ると、土より蹴りが強いので、加速しやすい。	足の裏の衝撃が強い。	体が腰を中心に前へつき出るような感じ。
	2.	腿がよくあがる。	つま先での地面の蹴りが、体が先に前にいってしまっただけで蹴れない。	つま先でブレーキをかけるような走りになってしまう。
	3.	走った後、膝、アキレス腱が痛い。	上体がそってしまう。	一歩、一歩の幅を大きくしないと、ころびそうになる。
H.I.	1.	土の上より走りやすかった。	足がはっているのびがない。	体が立って走りにくい。
	2.	着地した足がつっぱる。	けっこうよい感じで走れた。	全力では走れず足がつっぱる。
	3.	足の裏が少し痛い。	やっと坂になれてきたが、まだ上体が立っている。	ブレーキがかかりすぎている。
J.T.	1.	足が重たい。	坂が急なので、少しブレーキがかかってしまった。	スタートでブロックがはずれたので、よい加速ができなかった。
	2.	スタートでつまづいたが、後半足が流れるように走れた。	加速はのびているが、足がついていけないので、ストライドが思うようにのびない。	スピードにのれて、ストライドがよくなる。
	3.	後半よくのびたと思う。3本の中で一番よく走れた。	スピードにのれたが、着地の時に足がばらつき、一直線上に走れなかった。	足がスムーズに前に出て流れる感じで走れた。全身にそれほど力が入ることがなかった。

が、最も速い値であった。

坂下り走では、水平面走で得られた心理的タイムよりも遅いタイムが報告されている。

以上の結果について、実験終了後に、T.S. に質問した結果、次のような回答であった。

「水平面走、坂下り走、ともに全力疾走に主眼を置いたのではなく、実際のタイムと心理的なタイムの差は、水平面走でよりも、坂下り走になった時の方が大きいのではないかと思った。そのため、その差を水平面走も、坂下り走も同じにしようと考え、コントロールして走った。」

さらに、図 4 は、被検者 H.I. の図 5 は被検者 J.T. の実験結果を示したものである。

被検者 H.I. と被検者 J.T. は、二人共同じような傾向を示した。

実際のタイムにおいては、水平面走で得られたタイムよりも、6.2% と 6.5% の坂下り走で得られたタイムの方が速い結果を示した。

心理的タイムも、実際のタイムと同様な傾向を示し、水平面走の心理的タイムよりも、6.2% と 6.5% の坂下

り走で得られた心理的タイムの方が速い結果を示した。

Radford (1975)<sup>12)</sup> は、「ダウンヒルランニングは、しばしばスピードの錯覚を生じさせる。」という見解を述べているが、本実験における、被検者 H.I. と被検者 J.T. の結果は、坂下り走で得られる超最大速度は、物理的速度、心理的速度の二つの要素を含むものであるということを示したものであり、坂下り走のスピードは錯覚ではない、ということを示唆するものであると考えられる。

表 9 は、水平面走と坂下り走の内省報告の結果である。

「走ってみてどんな感じを持ちましたか?」という質問に対する回答を示した。

本研究で選定した、6.2%、6.5% の坂下り走では、3 人の被検者の内省報告のなかに、「ブレーキがかかってしまった。」という報告がみられた。

被検者 J.T. は、6.2% の坂下り走で、「坂が急なので、少しブレーキがかかってしまった。」と報告し、被検者 T.S. と H.I. は、6.5% の坂下り走で、それぞれ「つま先



でブレーキをかけるような走りになってしまう。」「ブレーキがかかりすぎている。」ということを報告している。

6.2%, 6.5% の坂下り走では、水平面走では経験することのできない超最大速度が発現するという走速度特性を示しながら、一方では、「ブレーキがかかってしまう」という

本来速く走るためには、望ましくないフォームが生じているという問題点も指摘される。

小野 (1957)<sup>11)</sup> は、坂下り走の注意として、「練習の目的は、速いスピードの下でもブレーキをかけずに走る練習をすることであって、ブレーキをかける癖をつけてしまえば何にもならない。」ことをあげている。

下り坂という特殊な条件下で、超最大速度での疾走中に生じるブレーキ動作については、至適傾斜の問題とも関連あることと考えられ、今後の検討課題とした。

その他、疾走フォームについては、「上体がそってしまふ」、「上体が立っている」、「地面を強く押れない」、「着地の時に足がバラつき、一直線上に走れない」といった報告がみられた。

さらに、水平面走、坂下り走、ともに疾走条件がアスファルト舗装の走路であったため、足の裏、膝、アキレス腱等の痛みを訴える報告がみられた。スポーツ障害という観点からは、注目すべき報告だと考えられる。

#### 4. 要 約

本研究では、水平面走路と 6.2%, 6.5% の下り坂走路を全力疾走した時の疾走速度曲線を分析し、比較して、スプリント・トレーニングにおける坂下り走の走速度特性について検討した。

得られた結果は、次の通りであった。

(1) 坂下り走では、100 m 全体にわたって、水平面走よりも速い、超最大速度が発現した。

(2) 6.2% と 6.5% の坂下り走の最大速度は、水平面走の最大速度よりも、それぞれ、1.4%, 4.3% 増加していた。

(3) 6.2% と 6.5% の坂下り走の平均ピッチは、水平面走の値よりも、それぞれ 4.1%, 2.3% 減少していた。

(4) 6.2% と 6.5% の坂下り走の平均歩幅は、水平面走の値よりも、それぞれ 7.8%, 8.3% 増加していた。

(5) 坂下り走で発現した超最大速度は、ピッチではなく、歩幅の増大に起因していることが示唆された。

(6) 3 名の被検者のうち 2 名において、坂下り走では、実際の 100 m タイムも、内省報告による心理的タイムも、水平面走よりも速い値を示した。このことから、坂下り走の超最大速度は、物理的速度、心理的速度の二つの要素を含むものと推察される。

#### 5. 謝 辞

本研究に対して御指導下さった、幾徳工業大学矢作庄次郎教授、泉川喬一助教授に心からの感謝を表します。

#### 参考文献及び引用文献

- 1) 荒川勝彦：坂下り走の至適傾斜の研究，日本体育大学大学院体育学研究科修士論文，1979.
- 2) Broom, E.: Sprint questions and answers. Track Technique, 10: 302-305, 1962.
- 3) Dintiman, G.B. (織田幹雄，窪田登訳)「疾走スピード」講談社，1972, p. 235-237.
- 4) 猪飼道夫，芝山秀太郎，石井喜八：疾走能力の分析—短距離走のキネシオロジー—，体育学研究，7(3)：1-12, 1963.
- 5) 猪飼道夫他：陸上競技選手に関する疾走速度の分析，東京オリンピックスポーツ科学研究報告「陸上競技編」：72-87，日本体育協会，1965.
- 6) Ikai, M.: Biomechanics of Sprint Running with Respect to the speed Curve. In: Biomechanics 1, 1st Int. Seminar Zurich, Karger, Basel/New York, pp. 282-290, 1967.
- 7) Milakov, M. and Cox, V.: Improving speed by training on sloping surfaces. Track Technique, 8: 254-255, 1962.
- 8) Nelson, R.C. and Osterhoudt, R.G.: Effects of altered slope and speed on the biomechanics of running. In "Medicine and Sport, Biomechanics II". pp. 220-224, Karger, Basel, 1971.
- 9) Nelson, R.C., Dillman, C.J., Lagasse, P. and Bickett, P.: Biomechanics of overground versus treadmill running. Med. Sci. Sports 4, 233-240, 1972.
- 10) Ozolin, N.G.: How to improve speed. Track Technique, 44: 1400-1401, 1971.

- 11) 小野勝次, 「陸上競技の力学」同文書院, 1957, p. 88-89.
- 12) Radford, P.: Sprinting, in "The Scientific Aspects of Sports Training" ed. Taylor, A.W. p. 113. Charles C Thomas • Publ • Springfield • Illinois, 1975.
- 13) Volkov, R.I. and Lapin, V.I.: Analysis of the velocity curve in sprint running. *Medicine and science in sports*, 11 (4): 332-337, 1979.
- 14) Zatziorskii, V.M. (渡辺謙訳) 「スポーツマンと体力」ベースボールマガジン社, 1975, p. 119-121.