

短距離疾走に及ぼす全天候型トラックの有効性 についての検討 (第二報)

山梨県立女子短期大学 岡 野 進
日本女子体育短期大学 渡 部 誠

1. は じ め に

⁽¹⁾⁽²⁾
前報では、わが国における全天候型舗装陸上競技場の普及状況や、それに伴う短距離記録の急激な向上を、400m競走に例をとり明らかにした。また、土走路 (clay track) と全天候走路 (all-weather track) による 100m dash の全力疾走実験の分析結果から、ゴム弾性とキックによるトラックの崩れや、スリップの無い性質を持つ全天候走路が短距離疾走に及ぼす有効性について、諸点から明らかにした。⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

本報では、土走路と全天候走路による 100m dash の疾走実験の分析をとおして、さらに全

天候走路の有効性について、検討を進めることにしたい。また、前報において、今後の課題のひとつにあげておいた、スタート・ダッシュ局面における全天候走路の有効性について、両走路によるスタート・ダッシュ実験の分析をとおして、検討を試みることにした。

⁽¹⁾⁽²⁾
ところで前報において示した、わが国における全天候型舗装陸上競技場の普及状況については、その後、この三年間において大幅に増加していることがわかった。⁽⁶⁾⁽⁷⁾ よって、ここに改めてその状況について、報告しておくことにした(表1)。なお、図1は新たな資料として、わが国における全天候型陸上競技場の都道府県別普及

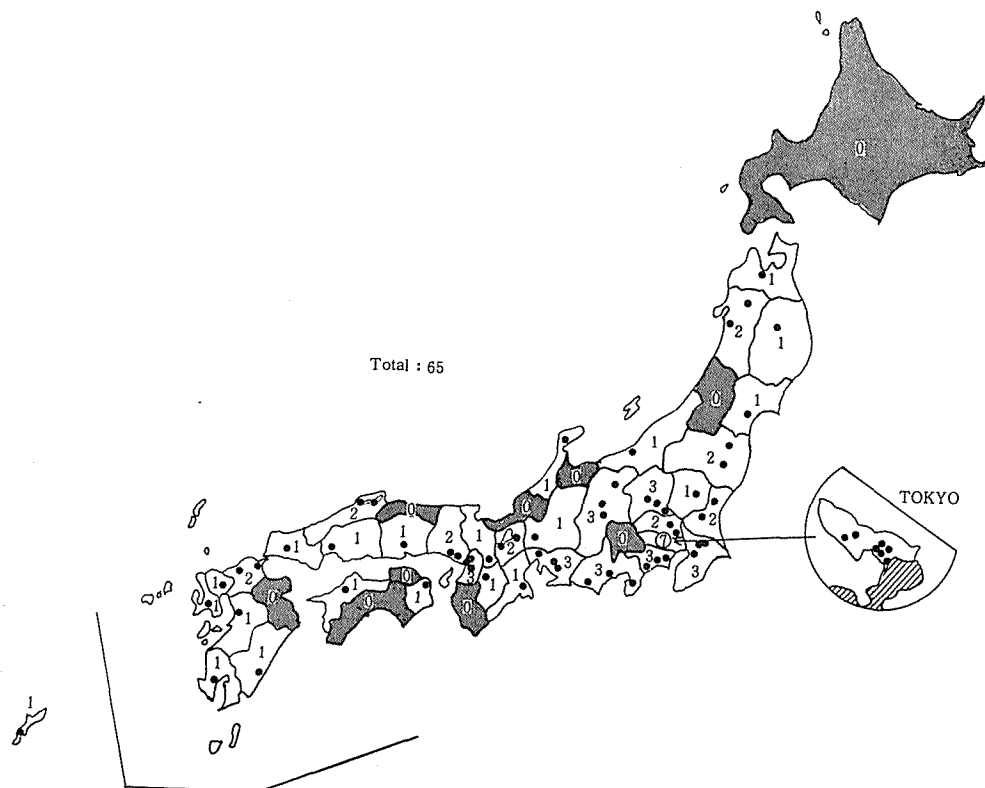


図1 わが国における全天候型舗装陸上競技場の都道府県別普及状況 (1982.6.30現在)
—図中の・印は所在地を示す。

表1 わが国における全天候舗装陸上競技場の年度別普及数

(1982. 6. 30 現在)

year	number	total	references
1968	1	1	The first all-weather track in Japan (Tokyo-Taiikukan sub-track) .
1969	0	1	
1970	1	2	
1971	0	2	
1972	1	3	
1973	5	8	The Kasumigaoka national stadium was replaced by an all-weather track. * National athletic meet in Chiba prefecture (The first national athletic meet on the all-weather track) .
1974	3	11	
1975	5	16	Tokyo Inter-High meet (The first I-H meet on the all-weather track) .
1976	3	19	
1977	6	25	
1978	12	37	
1979	1	38	
*1980	15	53	
*1981	7	60	
*1982	5	65	

(1)

* 印は前報に新たに付記した箇所

状況と、その所在地について示しておいた。これらの資料から明らかなように、わが国の全天候型陸上競技場は、今日、ほぼ全国に普及していることから、ほとんどの競技会は、これを利用し行われていると言える。こうした状況からして、短距離種目のみならず、他の競走種目や跳躍種目においても、最近の記録向上が推測される——図2は高校男子5,000m走の例であるが、推測するとおり、1973年以降において、急激な記録向上傾向が認められる一。

(1)

以上、本報のはじめにあたって、前報の資料の補足をしておくこととした。

2. 研究方法

2.1 実験方法・手順

疾走実験における被験者8名、実験場所、実験実施期日については、前報のとおりであるので省略する。

スタート・ダッシュ実験は、被験者にクラウ

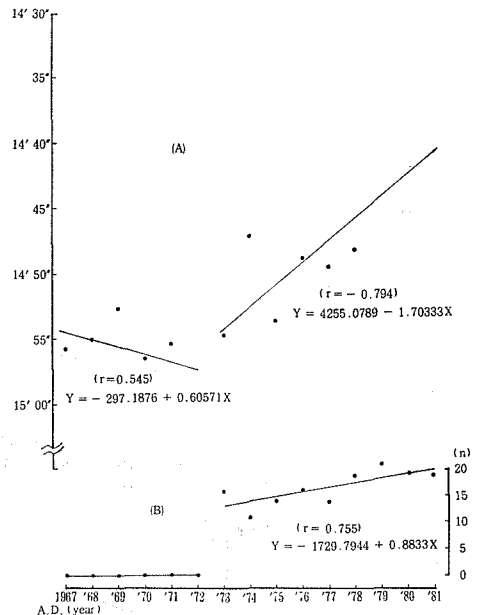


図2 高校男子5000mの全国ランキング20傑の平均記録の推移 (A)と、全天候走路での記録の占める数の推移 (B)

チング・スタイル (crouching style) からのダッシュを行わせ、スタート直後の数走歩を16mm高速度カメラ (64 frames/sec) によって撮影した。

2.2 分析方法・手順

2.2.1 前報⁽¹⁾⁽²⁾の100m dash 実験から、土走路と全天候走路における被験者ごとの最高速度値と、その速度の出現区間とを求めた。同様に、被験者ごとの最高ピッチ数とその出現区間、最高ストライド幅とその出現区間とを求めた。ところで、前報では100m dashについて被験者の平均速度・ピッチ・ストライドからの土走路と全天候走路との比較検討を行ったが、本報では被験者それぞれの100m dashにおける最高速度・ピッチ・ストライドという点に着目することから、比較検討を試みたものである。

2.2.2 クラウチング・スタート・ダッシュ (crouching start dash) については、スタートから4走歩目までの、各走歩ごとの走タイム、速度、ピッチ、ストライド、加速度 (acceleration) を、土走路と全天候走路の場合について求めた。なお、撮影した16mmフィルムは、16mm用ダイナミック・フレームにより映写することから、それをペーパーに写しとり、分析を進めた。

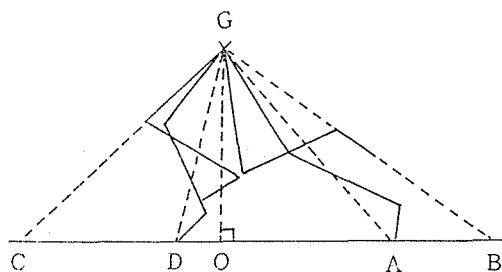


図3 クラウチング・スタート・ダッシュにおける脚動作の4局面一本実験の撮影をもとに作図した

- A — kick phase
- B — kick-up phase
- C — high knee position
- D — toe contact phase
- G — the waist point

疾走タイムの計測は、高速度カメラに取り付けたタイマーによって1000分の16秒 (=0.016

sec) ごとにフィルムに現象させたマークをもとに、それを数えることから求めた。ストライドは幅1mの板—25cmごとの印が付けてある—を予め撮影しておいたのをもとにし、映し出されたストライドとの比率から求めた。速度は、速度=距離 (=ストライド幅) ÷ 疾走タイムによって求め、さらにピッチ数は、ピッチ=速度 ÷ 距離によって算出した。加速度⁽⁹⁾ (m/sec^2) は、速度 ÷ 疾走タイムによって算出した。

クラウチング・スタート・ダッシュについての分析は、以上の他に、脚動作 (図3参照) についても行った。

3. 研究結果・考察

3.1 すでに触れたが、前報では土走路と全天候走路における被験者ごとの100m dashのタイムや、平均速度・ピッチ・ストライドについて求め比較検討した。また、10m区間ごとの被験者達の平均速度・ピッチ・ストライドを両走路の場合について求め比較検討した。そして、これらの比較検討から、全天候走路が疾走に及ぼす有効性について、明らかにしてきた。

今回は、さらに土走路と全天候走路における100m dashを、被験者ごとの最高速度、最高ピッチ、最高ストライドの諸点から分析し、比較検討することにした。

表2は土走路と全天候走路における100m dashの被験者ごとの最高速度、最高ピッチ、最高ストライドの値を示したものであり、同時にそれぞれの最高値出現区間を示したものである。これによると、被験者8名全員が、全天候走路の方が最高速度、最高ピッチ、最高ストライドとも、土走路によるより、良い結果を得ていた。そして、8名の平均では、最高速度は0.30m/sec、最高ピッチ数は0.08strides/sec、最高ストライド幅は9.3cm/stride ($P < 0.05$) 程、全天候走路の方が上回った。これらの両走路による差は、勿論のこと、全天候走路が疾走に及ぼす最大限の有効性を意味している。また、特に両走路におけるストライド差 (9.3cm) には、5%レベルでの有意性が認められたが、前報⁽¹⁾⁽²⁾でも指摘したとおり、全天候走路の性質がストライド幅の延長に及ぼす有効性は、非常に大きいものであると言うことができよう。

表2 土走路と全天候走路における100m dashの最高速度・最高ピッチ・最高ストライドの値と、それぞれの値の出現区間

subject	100m dash (sec)		max. velocity (m/sec)		max. stride frequency ($\frac{\text{strides}}{\text{sec}}$)		max. stride length (cm)		best record of 100m dash (sec)
	C	A	C	A	C	A	C	A	
M.M	13.16	12.88	8.50(40)	8.83(50)	4.74(20)	4.79(20)	186(90)	196(90)	12.0
K.O	13.40	13.03	8.37(40)	8.70(40)	4.30(30)	4.34(30)	205(90)	210(50)	12.0
M.N'	13.78	13.37	8.13(60)	8.53(40)	4.48(60)	4.67(20)	184(50)	188(90)	12.8
Y.K'	13.88	13.51	8.07(40)	8.42(30)	4.46(20)	4.52(20)	187(50)	198(90)	13.0
M.N	13.82	13.53	8.31(50)	8.53(30)	4.43(50)	4.57(30)	189(70)	194(40)	12.7
Y.K	14.52	14.02	7.85(40)	8.14(30)	4.18(30)	4.24(40)	190(40)	193(30)	13.4
N.T	14.55	14.18	7.69(40)	8.03(30)	4.26(20)	4.35(30)	185(50)	190(20)	13.4
S.K	14.66	14.27	7.69(40)	7.89(30)	4.39(30)	4.40(30)	179(40)	183(50)	13.4
$\bar{X}$	13.97	13.60	8.08 (*43.8)	8.38 (*35.5)	4.41 (32.5)	4.49 (28.8)	*184.7 (60.0)	*194.0 (57.5)	12.84
S.D	0.52	0.48	0.29(7.0)	0.31(7.1)	0.16(13.9)	0.17(7.8)	7.11(19.4)	7.50(26.8)	0.55

・max.欄の()数値が最高値の出現区間を示す

・*P<0.05

・C—clay track, A—all-weather track

ところで、100mをより速く走り切るためには、a) 最高速度が大きいこと、b) 最高速度に達するまでの時間が短いこと、c) 最高速度を持続する時間が長いこと、の3条件の充足が必要であるとされている⁽¹⁰⁾。よって、以下、これらの諸点から、改めて検討することにした。

まず、a) の条件については、すでに述べた

とおり、被験者全員とも、全天候走路における最高速度は土走路を上回り、平均 0.30m/sec 程良い値を示した(表2)。次に、速度=ピッチ(数)×ストライド(幅)で示されることから、最高速度が出た区間のピッチとストライドについてみてみた(表3)。表3では、被験者それぞれが最高速度を出した時(区間)の値と、それ

表3 土走路と全天候走路における100m dash中の最高速度出現時の値と、その時のピッチとストライドの値

subject	max. velocity (m/sec)		stride frequency (strides/sec)				stride length (cm)			
	C	A	C	(%max.)	A	(%max.)	C	(%)	A	(%max.)
M.M	8.50(40)	8.83(50)	4.62	97.5	4.71	98.3	184	98.9	188	95.9
K.O	8.37(40)	8.70(40)	4.23	98.4	4.25	97.9	198	96.6	204	97.1
M.N'	8.13(60)	8.53(40)	4.48	100.0	4.59	98.3	181	98.4	185	98.4
Y.K'	8.07(40)	8.42(30)	4.36	97.8	4.50	99.6	185	98.9	187	94.4
M.N	8.31(50)	8.53(30)	4.43	100.0	4.57	100.0	187	98.9	187	96.4
Y.K	7.85(40)	8.14(30)	4.13	98.9	4.21	99.3	190	100.0	193	100.0
N.T	7.69(40)	8.03(30)	4.21	98.8	4.35	100.0	183	98.9	185	97.4
S.K	7.69(40)	7.89(30)	4.30	97.9	4.40	100.0	179	100.0	179	97.8
$\bar{X}$	8.08 (*43.8)	8.38 (*35.5)	4.345	98.7	4.448	99.2	185.9	98.8	188.5	97.2
S.D	0.29(7.0)	0.28(7.1)	0.150	0.89	0.164	0.82	5.58	0.99	6.89	1.58

・(%max.) 値は、各被験者の最高値(表2)に対する割合

・max. velocity欄の()数値は、最高速度が出現した区間を示す

・C—clay track, A—all-weather track

らの値が被験者の最高ピッチ，最高ストライド（表2 参照）の何％にあっているかを示した。これによると，最高速度出現時（区間）においては，被験者全員が土走路より全天候走路のピッチは高く，平均では0.103 strides/sec 程上回っていた。また，ストライドについても，被験者全員の全天候走路の値は土走路の値と同じ（2名）か，上回っており（6名），平均では2.6cm/stride 程良い値を示していた。以上からして，全天候走路では土走路より，高い最高速度が得られていたという，短距離疾走（100 m dash）をより速く走るための一つめの条件（a）が充足されていた。またこの際，全天候走路の高い速度は，ピッチ，ストライドとも土走路を上回り達成されていた。

さて，100 m dash における最高速度とピッチ・ストライドとの関係については，よく問題とされる重要なテーマである。イオーノフ⁽¹¹⁾やヴェメフリカゼらは，100 m dash における最高速度は，各人のピッチとストライドに最適の比率があつて出されると指摘しているが，表3からは，最高速度の達成は必ずしも最高ピッチ×最高ストライドによって達成されていない。つまり，最高速度の達成はピッチ，ストライドとも，最高に近い状態（ほぼ97～99％）の時にみられるといえるのである。このことは，興味深い示唆であると考えるので，ここに改めて言及しておくことにした。

次に，b) の条件については，表2中の最高速度出現区間から検討することができよう。そこで，表2の最高速度出現区間をみるに，8名中6名（75.0％）が土走路より，全天候走路による方が，1～2区間（=10 m～20 m）早く最高速度に達していた。そして，他の2名については，1名が同一区間であり，1名が1区間遅かった。このように被験者の多くは，全天候走路では早い区間で最高速度に達するという傾向がみられた。

さらに検討を加えるに，土走路においては，40 m～50 m 区間で最高速度に達した者が6名（75％）と最も多く，他，50 m～60 m と60 m～70 m 区間がそれぞれ1名ずつであった。なお，平均は43.8±7.0 m であった。この点，全天候

走路では，30 m～40 m 区間で最高記録に達した者が5名（62.5％）と最も多く，他，40 m～50 m 区間が2名であり，50 m～60 m 区間が1名であった。なお，平均は35.5±7.1 m であり，土走路との平均差8.3 m には，5％レベルでの有意性が認められた。

以上の検討結果からして全天候走路による100 m dash では，土走路による疾走よりも，ほぼ1区間（約10 m）早く最高速度に達するという，100 m をより速く走るための二つめの条件（b）が，充足されていたと言える。

ところで，最高速度の出現に関しては，Gundlach⁽¹³⁾や猪飼⁽¹⁰⁾らの報告に代表されるように，疾走能力の高い者程，また疾走速度が高い程，遅く出現するとされている。またGundlach⁽¹³⁾の資料によれば，13.1±0.7 sec（女子）の走者群—ほぼ本実験被験者群と同じ—の最高速度出現地点は，約40 m のところとされているが，本研究結果（表3）の土走路の場合と一致している。すでに指摘したとおり，全天候走路の場合は，最高速度は土走路より約10 m 早く出現するしたが，勿論この見解は初めてのものである。よって，この見解を確かなものにするためにも，今後の追究の必要性を感じている。

c) の条件については，最高速度を持続する時間が長い，ということなのであるが，最高速度値そのものの持続は実際には非常に短い。よって，この条件の文が意味するものは，最高速度そのものの持続時間の長さを問題にするというのではなく，最高速度のレベルを，最高速度出現後の100 m の後半において，どれだけ維持できるかを問題にしていると解釈すべきであろう。よって，ここでは，土走路と全天候走路における最高速度に対する100 m の最終10 m 区間の速度減少率を求め，比較検討することにした。

表4はその結果である。つまり，土走路と全天候走路における最高速度と，100 m の最終10 m 区間（90 m～100 m）の速度とその差，ならびに速度減少率を示したものである。これによると，最終10 m 区間の土走路と全天候走路との速度を比較すると，1名がほとんど同一値であることを除いて，8名中7名（87.5％）が全天候

表4 土走路と全天候走路における100m dash最終区間10mの速度減少(率)

subject	max. velocity (m/sec)		velocity of last 10m (m/sec)		difference		percentage (%)	
	C ₁	A ₁	C ₂	A ₂	C ₁ -C ₂	A ₁ -A ₂	$\frac{C_1-C_2}{C_1}$	$\frac{A_1-A_2}{A_1}$
M.M	8.50	8.83	8.17	8.36	0.33	0.47	3.88	5.32
K.O	8.37	8.70	7.84	8.31	0.53	0.53	6.33	6.09
M.N'	8.13	8.53	7.72	8.10	0.41	0.43	5.04	5.04
Y.K'	8.07	8.42	7.52	7.51	0.55	0.91	6.82	10.81
M.N	8.31	8.53	7.51	7.90	0.80	0.63	9.63	7.39
Y.K	7.85	8.14	6.84	7.28	1.01	0.86	12.87	10.57
N.T	7.69	8.03	7.23	7.48	0.46	0.55	7.15	6.85
S.K	7.69	7.89	6.90	7.54	0.79	0.35	10.27	4.44
X	8.08	8.38	7.47	7.81	0.61	0.59	7.75	7.06
S.D	0.29	0.28	0.43	0.39	0.22	0.19	2.78	2.28

・ C—clay track, A—all-weather track

走路による速度が上回り、平均では0.34m/sec程良い値を示した。次に、速度減少率をみるに土走路の速度減少率の平均は0.61m/sec (7.75%) であり、全天候走路の場合は0.59m/sec (7.06%) であった。つまり、最終10m区間の最高速度に対する速度減少率は、0.69%程全天候走路による方が小さかった。また、被験者8名中5名(62.5%)は土走路に比べ、全天候走路の速度減少率が小さかった。なお1名は同一値であり、残りの2名は大きかった。以上のように、全天候走路では、最終10m区間の速度減少率は土走路に比べ小さい傾向にあったと言え、100m dashの後半において、より速度が維持できていることがわかった。

⁽¹⁾⁽²⁾ 前報でも報告したが、全天候走路では100mの後半においてストライドがより伸びる傾向がみられたが、このストライドの伸びが、100mの後半における速度の低下をカバーしているものと考えられる。ところで、参考までに、メフリカゼラの報告によると、どんな選手でも100mのラスト5mの速度低下は(最高速度の)8~11%に達するとしているが、本研究の結果では、ラスト10mの速度低下率はほぼ8%であり、メフリカゼラの報告とほぼ一致していると考えられる。

さて、以上のとおり、100mをより速く走るための3条件a)~c)について、土走路と全天

候走路では、どちらによる疾走がこれらの条件をより充足しているかについて検討してきた訳であるが、全天候走路における疾走は、土走路に対し、これらの3条件ともより充足しているという結果を得た。全天候走路—ここではレコルトン(Rekortan)—の弾力性と、キックの際にズレないとされている特質が、短距離疾走(100mdash)のタイム短縮・向上に対して、大きな有効性を与えていることを、痛感せざるを得ない。ここで、全天候走路における短距離疾走のコーチングについて、改めてひとつのヒントを述べておくことにしたい。全天候走路では広いストライドが確保されることが明らかとなったが、この広くなる余分のストライド幅を、土走路のそれにおさえ、その余分をピッチを速める方に回してはどうであろうかということである。東ドイツの女子スプリンターのゲール、コッホ(それぞれ100m, 400mの世界記録保持者)の疾走を見たが、完全なピッチ走法であり、このヒントを裏付けているように感じた。勿論、このヒントについては、十分な今後の追究を要するものであり、ここではあくまでもヒントとして述べたまでである。

3・2・1

スタート・ダッシュに関する研究は、すでに種々の観点から多くの報告が成されている。例

えば、クラウチング・スタイルにおけるブロックの置き方、構え方⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾についての検討。また、クラウチング・スタート・ダッシュについての諸点からの分析や加速を得ることにおけるクラウチング・スタート法の有効性についての力学的⁽²⁰⁾⁽²¹⁾⁽²²⁾検討。さらには、スタンディング・スタート(standing start)と、クラウチング・スタートとの有利性や有効性をめぐっての検討⁽²³⁾⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾などである。

短距離疾走、特に100m dash では、スタート・ダッシュ局面において、後方へのキック力を有効に利用し、鉛直方向への地面の反力(F_z)を大きくし、それによって急激な加速を得るこ

とが重要となる。このためには、スタート・ダッシュ局面における深い身体の前傾が必要となる。ここに、低い姿勢がとりやすいクラウチング・スタート法の有効性が指摘され、用いられている⁽²⁰⁾⁽²⁵⁾訳である。

さて、本研究では、クラウチング・スタート直後のダッシュ局面に着目し、まず、土走路と全天候走路における疾走速度、ピッチ、ストライド、加速度についての比較検討を試みてみた。

表5は土走路と全天候走路におけるスタート・ダッシュ2, 3, 4走歩目の被験者らの平均速度・ピッチ・ストライドと加速度の諸結果で

表5 土走路と全天候走路の(クラウチング)スタート・ダッシュ2, 3, 4走歩目における平均速度・ピッチ・ストライド・加速度(n=8)

track surface	running strides from start	time (sec)	stride length (meter)	stride frequency (strides/sec)	velocity (m/sec)	acceleration (m/sec ²)
clay (C)	(1st stride)	0.266(0.024)	...	...	...	...
	2nd stride	0.242(0.012)	0.895(0.079)	4.131(0.205)	3.674(0.358)	7.238(0.931)
	3rd stride	0.238(0.010)	1.030(0.053)	4.276(0.188)	4.408(0.205)	5.936(0.465)
	4th stride	0.230(0.008)	1.113(0.170)	4.350(0.142)	*4.800(0.483)	5.003(0.710)
	$\bar{X}$ (S.D)	0.244(0.013)	1.013(0.090)	4.240(0.079)	4.294(0.467)	6.059(0.918)

all-weather (A)	(1st stride)	0.252(0.032)	...	...	...	...
	2nd stride	0.246(0.014)	0.901(0.056)	4.076(0.222)	3.675(0.305)	7.465(1.120)
	3rd stride	0.236(0.015)	1.084(0.054)	4.219(0.249)	4.569(0.315)	6.260(0.794)
	4th stride	0.222(0.010)	1.193(0.069)	4.513(0.196)	*5.371(0.220)	5.649(0.491)
	$\bar{X}$ (S.D)	0.239(0.011)	1.059(0.120)	4.270(0.182)	4.538(0.244)	6.458(0.754)

difference (C) - (A)	0.005	-0.046	-0.030	-0.244	-0.399
----------------------	-------	--------	--------	--------	--------

- ・ () 内はS.D
- ・ *P<0.02

ある——1走歩目はスターティング・ブロックからのステップであり、走路との関係は持たないので、それぞれについての値を求めることは省略した——。なお、図4は表5から、平均速度・ピッチ・ストライドについて、土走路と全天

候走路とを比較したものであり、図5は両走路におけるタイムと速度(V-T)、タイムと加速度(a-T)の関係を示し、両走路について比較したものである。

まず、速度について、土走路と全天候走路と

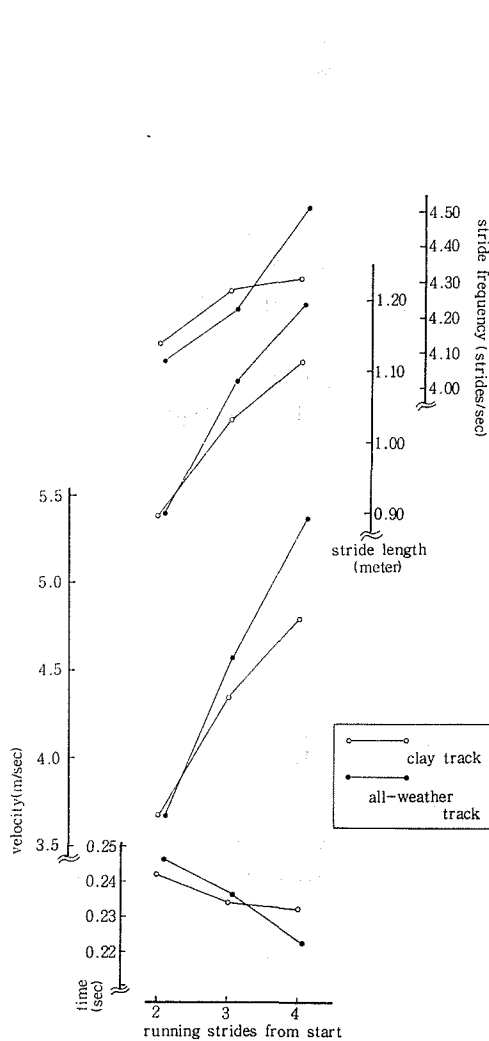


図4 土走路と全天候走路の(クラウチング)スタート・ダッシュ2, 3, 4走歩目におけるタイム・平均速度・ピッチ・ストライドの比較 (n = 8)

を比較すると、2走歩目の速度は同じであったが、3, 4走歩目とダッシュのステップが増すにつれて全天候走路が上回り、速度差が大きくなった。そして、4走歩目では土走路の4.800 m/secに比べ、全天候走路では5.371 m/secという高い速度が得られた。この差0.571 m/secには、2%レベル ($P < 0.02$) での有意差が認め

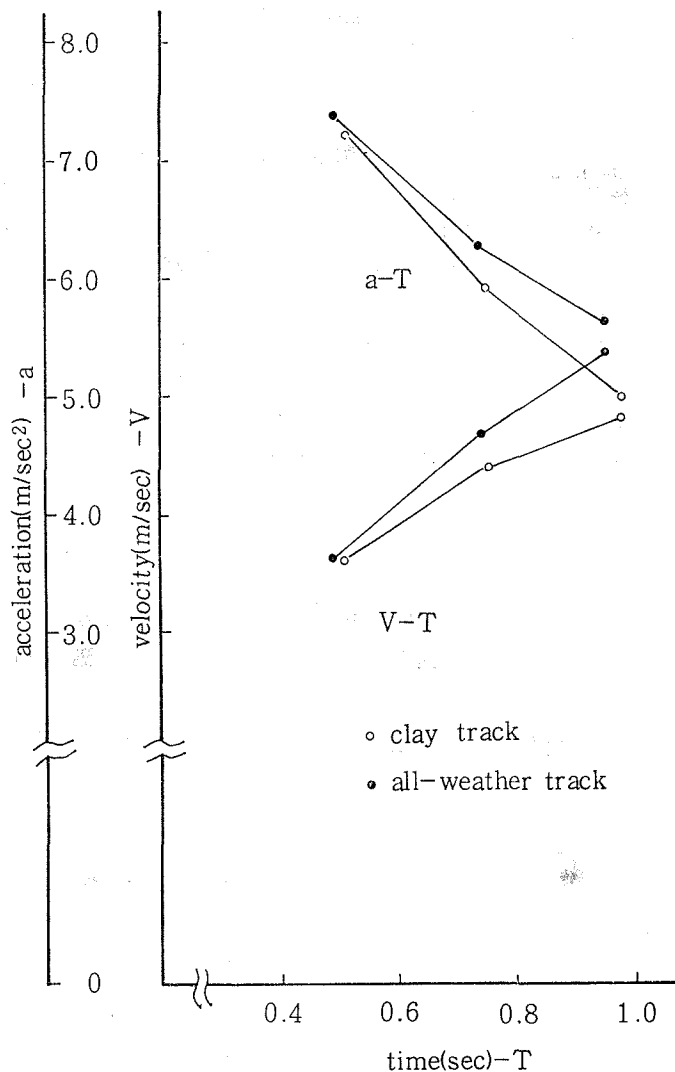


図5 土走路と全天候走路におけるスタート・ダッシュのタイムと速度(V-T), タイムと加速度(a-T)の関係 (n = 8)

られた。以上のように、また図4から明らかのように、スタート・ダッシュのステップの増加に伴い、全天候走路ではより大きな速度が得られていることが明らかとなった。

次に、ストライドについて、両走路の結果を比較するに、2走歩目のストライド差はほとんどみられなかったが、3, 4走歩目とダッシュ

のステップが増すにつれて、それぞれ 5.4cm, 8.0cm と全天候走路が上回り、ストライド幅の差が大きくなった。図4からも明らかなように、この傾向は速度の場合と全く一致していた。

ピッチについての両走路の比較では、2, 3 走歩目においては、土走路のピッチが全天候走路のピッチを、それぞれ 0.055 strides/sec, 0.057strides/sec上回ったが、4 走歩目においては、全天候走路が土走路を 0.163strides/sec 上回った。ピッチについては、速度やストライドのように、明白な傾向はみられなかった。

加速度についての両走路の比較では、2, 3, 4 走歩目とも土走路より、全天候走路が高い値を示した。このことは、全天候走路におけるダッシュの明らかな有効性を意味するものである。

以上のように、スタート・ダッシュ 3, 4 走歩目では、全天候走路において、高い加速度と速度とが得られていることがわかったが、これは全天候走路のズレない、また弾む性質がダッシュに有効的に働きかけていることが考えられた。また、この際、速度の増加とストライドの増加とが全く一致していることが示されたが、全天候走路におけるストライドの伸びが、速度の増大に大きく関係していることが考えられた。さらには、4 走歩目では、全天候走路の速度が土走路の速度を明らかに上回っていることが示された ($P < 0.02$) が、この 4 走歩目では、土走路に対し全天候走路のストライド・ピッチはともに上回った。全天候走路の 4 走歩目のピッチは、全てのピッチの最高値を示したが、このことは、安定した (ズレない) 全天候走路の表面が、ピッチの増加にも影響を及ぼしたものと考えられる。

ところで、図6、図7はスタート・ダッシュ 2~4 走歩目における、被験者ごとの速度、ストライド、ピッチの変化を、土走路と全天候走路の場合について示したものである。図6からは、全天候走路の順調な速度向上傾向がみられるが、土走路では、3 名は順調な速度向上を示しているものの、他の 5 名においては、4 走歩目において、順調かつ十分な速度の向上を示していない。また、図7のストライドの様相につ

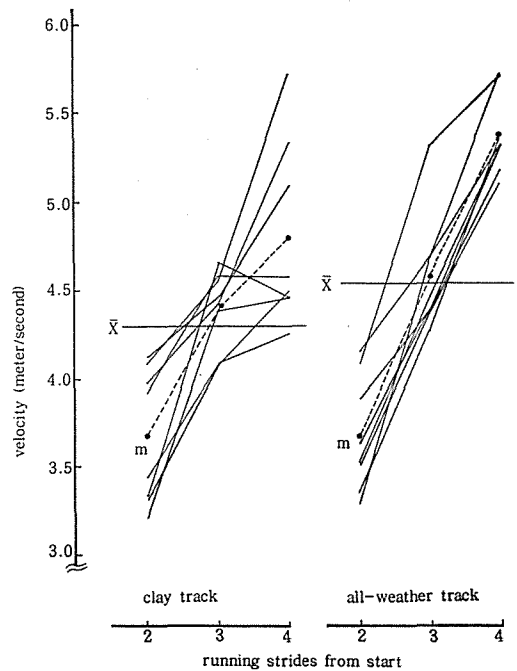


図6 土走路と全天候走路の(クラウチング)スタート・ダッシュ 2~4 走歩における速度変化 —— $\bar{x}$ は 2, 3, 4 走歩全体の平均値, m は各走歩ごとの平均値を示す

いては、全天候走路では順調な延長傾向が示されたが土走路では、そうした傾向はみられず、不十分なものであった。次に、図7のピッチの様相については、速度やストライドにみられたような明確な傾向や差は示されているとは言えないが、全天候走路における 4 走歩目のピッチの高まりがみられた。

以上のように、土走路に比べ、全天候走路では安定した、順調なスタート・ダッシュが遂行されていることがうかがえたが、キックの際、崩れ易く、スリップしやすい土走路に対し、崩れず、スリップの無い全天候走路が及ぼす有効性を指摘せざるを得ない。

ところで、スタート・ダッシュの速度・ピッチ・ストライド⁽¹¹⁾に関し、イオーノフはスタート

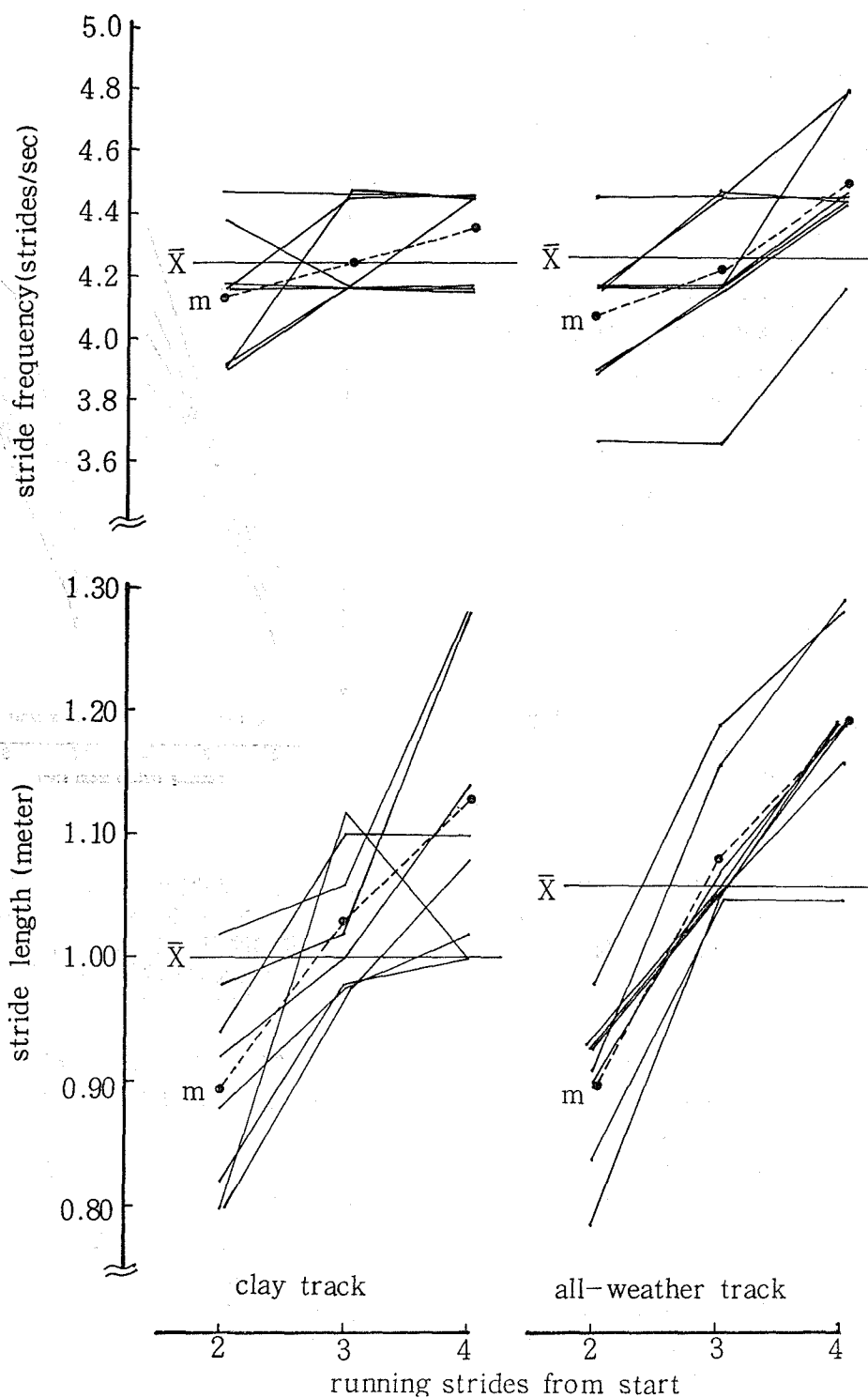


図7 土走路と全天候走路の(クラウチング)スタート・ダッシュ
 ュ2~4走歩におけるストライドとピッチの変化——
 $\bar{X}$ (—) は2, 3, 4走歩全体の平均値, m (···) は各走歩
 ごとの平均値を示す

ダッシュの段階では、スピードは歩幅を大きくすれば上昇し、ピッチはこの段階では基本的には変わらないとするいくつかの報告や文献に対し、スタート後はピッチもストライドも高まることを指摘している。また、村木らは疾走速度、歩幅は共に30m地点まで急激な増加がみられたが、サイクル数(=ピッチ)に関してはほ

としている。これらの報告は、5m区間ごとの被験者達の平均値をもとにしたものである。こうした報告に対し、表6は本研究から求められた値である。表6ではスタート後2、3、4走歩目における速度、ピッチ、ストライドの値が100m dashにおけるそれぞれの最高値(max. 表2参照)に対し、どの位の割合であるかを、

表6 土走路と全天候走路のスタート・ダッシュ2～4走歩目における速度・ストライド・ピッチの最大値に対する割合(n=8)

variable	* (A) maximum (=100%)	** (B) running strides from start	% maximum (B)/(A)×100
velocity (m/sec)	clay 8.08	2nd 3rd 4th ($\bar{X}$)	45.5% 54.6 61.5 (53.87%)
	all-weather 8.38	2nd 3rd 4th ($\bar{X}$)	43.9% 54.5 64.1 (54.17%)
stride length (cm)	clay 184.7	2nd 3rd 4th ($\bar{X}$)	48.5% 55.8 60.3 (54.87%)
	all-weather 194.0	2nd 3rd 4th ($\bar{X}$)	46.4% 55.9 61.5 (54.60%)
stride frequency (strides/sec)	clay 4.41	2nd 3rd 4th ($\bar{X}$)	93.7% 97.0 97.5 (96.07%)
	all-weather 4.49	2nd 3rd 4th ($\bar{X}$)	90.8% 94.0 100.5 (95.10%)

*maximumの値は、表3による

** (B) の値は、表6 参照

とんど変化がみられず、全力疾走にあっては、初めから全速回転がなされていると考えられる

土走路と全天候走路について示したものである。よって、表6からはスタート・ダッシュにおける速度、ピッチ、ストライドの状態やその関係を明確にすることができよう。このことは重要なテーマであると考えるので、本筋よりやや外れるかとも思うが、表6をもとに以下言及しておくことにしたい。

まず、スタート後の速度については、土走路、全天候走路とも、2走歩目で約45%、3走歩目で約55%、4走歩目で約62～64%という%velocity max.を示した。つまり、速度については、スタートからおよそ1秒経過後において、速度は最高値の60%台まで急激に高められていた。ストライドについては、土走路、全天候走路とも2走歩目で約46～48%、3走歩目で約56%、4走歩目で約60～62%という%stride length max.を示した。この様相は速度の場合と一致していた。このように、速度とストライドとが共に、スタート後2～4走歩目にかけて、最高値の40%台～60%台に高められていたというのは、誠に興味深い点である。次に、ピッチについては、2走歩目において、すでに土走路では93.7%、全天候走路では90.8%という%stride frequency max.を示した。そして4走歩目までに、土走路では97.5%、全天候走路では

100.5%に高められた。つまり、4走歩目ではすでにほぼ最高値を示していたと言える。このように、ピッチについては村木ら⁽²⁷⁾の言うように、初めから全速回転が成されていると考えるという考察とも一致し、またイオーノフ⁽¹¹⁾の言うように、徐々に高められているという指摘とも一致した。

ところで、本研究テーマである全天候走路の有効性についての考察に戻すに、スタート後の4走歩目における全天候走路の速度、ピッチ、ストライドそれぞれの%max. は、土走路対

し、2.6%、3.0%、1.2%と上回っていた。この点、全天候走路の最高速度の出現が、土走路に比べ、およそ1区間(約10m)早く成っていることを、3・1において指摘したが、全天候走路におけるスタート直後のこれらの値の高まりは、この指摘を裏付けるものであると言うことができよう。

3・2・2

表7は土走路と全天候走路におけるスタート・ダッシュの2走歩目1サイクル(=キックか

表7 土走路と全天候走路のスタート・ダッシュ2走歩目における1サイクルの脚動作分析 (分析角度については図3参照)

track surface	clay				all-weather			
angle (deg.)	∠AGO	∠BGO	∠CGO	∠DGO	∠AGO	∠BGO	∠CGO	∠DGO
subject								
M.M	28	43	50	15	40	52	45	13
K.O	28	46	43	22	40	52	52	23
M.N'	37	46	60	26	37	52	43	24
Y.K'	38	58	47	23	31	39	50	24
M.N	33	47	50	21	43	50	44	28
Y.K	32	43	38	22	34	57	48	11
N.T	21	42	58	20	30	41	49	24
S.K	34	46	51	12	37	49	47	19
X	31.4*	46.4	49.6	20.1	36.5*	49.0	47.3	20.8
S.D	5.19	4.72	6.76	4.23	4.27	5.66	2.90	5.56

・ * $P < 0.05$

ら、つま先接地まで)について、脚動作分析を行った結果である。この分析法については、図3に示したとおりである。

表7から注目されるのは、∠AGOにおいて土走路と全天候走路の差(5.1°)に5%レベル($P < 0.05$)での有意性が認められたが、このことは、土走路に比べ、全天候走路による方が明らかに深い角度でキック(=キック脚の前傾が深い)が行われていることを意味するものである。さらに言えば、この深いキック脚の前傾は、有効なキックの成就を意味し、ひいてはストライドの伸びを引き出す脚動作(フォーム)の現れであると考えられる。このことは、

(1)(2) 前報の中間疾走における脚動作の分析結果からも指摘したとおりである。ところで、中間疾走においては、土走路に対して、全天候走路の∠CGO(=膝の高さ)が有意に大きいことも同時にみられたが、スタート・ダッシュ局面においてはみられていない。これは、スタート・ダッシュにおいては、キック時の身体や脚の前傾が深くなるために、前脚の膝が高くなる動き(ハイ・ニー, high knee)は抑制されるからだと考えられる。さらに言えば、スタート・ダッシュにおける身体や脚の深い前傾のもとでは、膝はより高くではなく、より前方に導き出されるものと考えられる。この点、ハイ・ニー

(高い膝上げ)は短距離走における有効的フォームとして指摘されているが、これは、あくまでも中間(全速)疾走における有効的フォームであると考えて良いであろう。

次に、 $\angle BGO$ は被験者2名(Y・K', N・T)を除いて、全天候走路の方が大きい傾向にあり、平均でも2.6上回っていた。 $\angle BGO$ はキックアップのつま先の高さであることから、キック

脚の前傾($\angle AGO$)が深い全天候走路の方が、必然的に大きくなったと考えられる(有効的フォームの現われであるとは考えられない)。

さて、スタート・ダッシュの脚動作の分析結果において、土走路と全天候走路における $\angle AGO$ の有意差を、先に指摘したが、表8はスタート後、1～4走歩目のキック時の $\angle AGO$ の測定結果である。2走歩目の有意な差について

表8 土走路と全天候走路のスタート・ダッシュ1～4走歩目におけるキック時の脚前傾角(= $\angle AGO$)の比較

track surface	clay				all-weather			
strides from start	1 st	2 nd	3 rd	4 th	1 st	2 nd	3 rd	4 th
subject								
M.M	31	28	32	36	32	40	34	37
K.O	33	28	35	35	35	40	40	39
M.N'	34	37	34	30	36	37	38	38
Y.K'	32	38	23	31	31	31	30	34
M.N	33	33	33	36	43	43	41	38
Y.K	30	32	26	34	31	34	34	35
N.T	26	21	32	35	33	30	29	30
S.K	37	34	28	31	37	37	31	34
X	32.0	*31.4	30.4	33.5	34.8	*36.5	34.6	35.6
S.D	3.00	5.19	3.97	2.29	3.77	4.27	4.30	2.78

・ * $P < 0.05$

は、すでに指摘したとおりであるが、その他の3, 4走歩目においても、土走路に対し、全天候走路の深いキック脚の前傾傾向がみられた。そして、やはり、すでに考察したとおり、全天候走路におけるストライドの伸びを導き出すフォームの現れであることが考えられた。(クラウチング)スタート・ダッシュ時における前傾の深いポジションは、キックの際にスリップを起し易い⁽³⁾。しかし、全天候走路とそれ用のスパイクシューズ使用によって、スリップはほとんどなくなると考えられる。以上述べてきた全天候走路のスタート・ダッシュにおける有効性は、このことによってもたらされていると考えて良いであろう。

4. ま と め

- 4・1 被験者8名全員の全天候走路における最高速度, 最高ピッチ, 最高ストライドの値は、全て土走路の値を上回り、平均ではそれぞれ0.30 m/sec, 0.08 strides/sec, 9.3 cm/stride ($p < 0.05$)程、全天候走路による方が上回った。
- 4・2 全天候走路では、土走路に比べ、高い最高速度値を示したが、この際、全天候走路の方がピッチ、ストライド共高い値を示していた。
- 4・3 最高速度の達成は、必ずしも最高ピッチ×最高ストライドによって成就されておらず、むしろ、ピッチ、ストライドとも最高に近い状態(ほぼ97～99

%)の時に与えられていた。なお、このことに関する限り、土走路と全天候走路との相違はなかった。

4・4 土走路における最高速度の出現区間は、ほぼ40m～50mであり(被験者の $\bar{X} \pm S.D = 43.8 \pm 7.0m$)、全天候走路においては、ほぼ30m～40mであった(被験者の $\bar{X} \pm S.D = 35.5 \pm 7.1m$)。このように、全天候走路では土走路より、早く最高速度に達していた。

4・5 100mの最終10m区間における最高速度に対する速度減少率は、土走路での被験者の平均が7.75%であり、全天候走路のそれは7.06%であった。全天候走路の速度減少率は、土走路に比べ0.69%小さかった。

4・6 (以上1～5のまとめからして)全天候走路における100m dashでは、土走路に比べ最高速度値が大きく、また最高速度の出現も早く、さらには最終10m区間(90m～100m)の速度減少率も小さかった。この点、100mをより速く走るための3条件を、全天候走路ではより充足させていた。

4・7 (クラウチング)スタート後、2～4走歩目における土走路と全天候走路の速度の比較では、2走歩目は同じであったが、3、4走歩目とステップが増すにつれ、全天候走路が上回り、4走歩目では明らかな差0.571m/sec($P < 0.02$)が認められた。

4・8 4走歩目の速度差は、全天候走路におけるピッチ、ストライド両要因の改良によっていた。

4・9 スタート後2～4走歩目における土走路と全天候走路のストライドの比較では、2走歩目では差はほとんどなかったが、3、4走歩目とダッシュのステップが増すにつれて、それぞれ5.4cm、8.0cmと全天候走路が上回った。なお、この様相は速度の傾向と全く一致していた。

4・10 スタート後2～4走歩目におけるピッチについては、速度やストライドの場合のように明らかな傾向はみられなかった。

4・11 スタート後2～4走歩目の全てにおける加速度は、土走路に対し、全天候走路の方が上回った。

4・12 全天候走路のスタート後2～4走歩目にかけては、順調な速度とストライドの向上傾向がみられたが、土走路においては順調でなく、不安定であった。また、ピッチについては速度やストライドのように、順調な向上傾向は明確にはみられなかった。

4・13 土走路、全天候走路のスタート後2～4走歩目における速度とストライドは、共に最高値(max.)の40%台～60%台に高められていたが、ピッチはスタート直後から全速回転が成されていると考えられ、すでに2走歩目では92～94% stride frequency max.をほぼ示し、4走歩目ではほぼ最高(max.)に達していた。

4・14 スタート後の4走歩目における全天候走路の速度、ストライド、ピッチそれぞれの%max.は土走路を上回っていた。このことは、全天候走路の最高速度の出現が、土走路よりも早くなることを裏付けるものであることが考えられた。

4・15 スタート後の2走歩目における土走路と全天候走路の脚動作においては、 $\angle AGO$ において明らかな差(5.1°, $P < 0.05$)が認められた。このことは、全天候走路におけるキック脚の深い前傾を意味するものであり、ストライドの伸びを引き出す脚動作の現れであることが考えられた。

4・16 スタート後、1、3、4走歩目においても、2走歩目のように有意差は認められなかったが、土走路に比べ、全天候走路による方が、やはりキック脚の深い前傾傾向がみられた。

4・17 (以上の7~16のまとめから) スタート直後のダッシュにおいても、土走路に比べ、全天候走路の有効性をうかがうことができたが、全天候走路における疾走では、それ用のスパイクシューズの使用によって、主としてスリッパが無くなったことによったと考えられる。

5. お わ り に

前報でも述べたが、全天候走路の疾走に及ぼす有効性について、実際の疾走実験をもとに報告されたものは、M. Crook⁽²⁸⁾のもの以外に見られない。今回は前報にひき続き、100m dashとスタート・ダッシュの疾走実験から、全天候走路の有効性について、さらに追究を試みてみた。そして、すでに述べてきたとおりの多くの知見を得ることができた。また、考察を進める中で、短距離疾走におけるいくつかの問題点にも言い及ぶことを試みたりもした。いずれにしても全天候走路の疾走は、土走路に比べかなり異なることが明らかにされたと考えるが、この点、今後、少なくとも次の点について追究する必要があると考えられる。

①今までに報告されている疾走に関する諸データは、ほとんどが土走路(シンダー、アン・ツー・カーを含む)の場合である。よって、改めて全天候走路疾走によるデータを呈示していく必要があること。

②全天候疾走に適した走り方、疾走技術は従来のままで良いかを検討する必要がある。考察の中で、筆者らはピッチを速めた疾走というヒントをあげたが、この点、ひとつの検討事項例⁽²⁾と言えようし、小林は従来の中距離走のフォームに近い走法で成功している例も多いとしている。

ところで、E. Unold⁽²⁹⁾らはスポーツ傷害がオーバートレーニングによるか、それとも外的要因によるのかを明らかにするために、異なった走路における歩行、走行実験を行っている。そして、この研究結果として、弾性表面(synthetic surfaces=全天候走路)における加速疾走では、特に下半身に大きなショックを与える

とし、このために、脚部の骨に悪影響を及ぼしたり、膝関節やアキレス腱のケガをひき起こすと思われるとしている。よって、疾走トレーニングは脚へのショックの小さいシンダーや、下草の茂った森、芝生を利用することがより望ましいとしているが、短距離疾走トレーニングにおける安全性の面からのアドバイスとして、十分に受け入れなければならない点であろう。コーチングの際の参考として受け入れたい。

最後に、本実験、そして分析を進めるにあたり、お世話になった日本女子体育大学・陸上競技研究室、ならびに同大学・陸上競技部の多くの皆様に対し、心から感謝致したい。

— 1982年10月 —

<文 献>

- (1) 岡野進、渡部誠：短距離疾走に及ぼす全天候型トラックの有効性についての検討，山梨県立女子短期大学紀要第15号(1—9)，1982.
- (2) 岡野進、渡部誠：全天候走路が短距離疾走におよぼす有効性についての検討，体育の科学 Vol.32 No.7 (511—516)，1982.
- (3) 小林一敏：全天候走路の走り方(その1)，陸上競技マガジン6月号(96—97)，1973.
- (4) 小林一敏：全天候走路の走り方(その2)，陸上競技マガジン7月号(92—93)，1973.
- (5) Ken Steward：Evaluating synthetic tracks，Track Technique74 (2367—2368)，1978.
- (6) 美津濃施設部資料，全天候舗装陸上競技場一覽表，1980.
- (7) 日本陸上競技連盟：陸上競技ルールブック '82，1982.
- (8) 陸上競技マガジン記録集計号(1967~1981)，1968~1982.
- (9) 宮畑虎彦，猪飼道夫他：身体運動の科学，学芸出版社，1968.
- (10) 浅見俊雄編：スポーツとパワー，大修館書店，1977.
- (11) D. イオーノフ，岡本正己訳：ピッチとストライドがスピードに及ぼす影響，月刊陸上競技7月号(49—53)，1968.
- (12) ヴェ・メフリカゼ，ベ・タバチュニク，山本直人訳：100m選手の徹底分析，陸上競技マガジン8月号(139—144)，1982.

- (13) G.Schmolinsky : Leichtathletik, Sport Verlag, 1974.
- (14) 浅川正一, 古藤高良 : 陸上競技, 大修館書店, 1964.
- (15) ジョージB. ディンティマン, 織田窪田訳 : 疾走スピード, 講談社, 1972.
- (16) ブレスナーン, タトル, クレツマイヤー, 猪飼道夫訳 : 陸上競技・科学的練習法, 杏林書院, 1976.
- (17) 三条俊彦 : クラウチング・スタートの構えに関する実験的研究, 日本体育学会発表資料, 1980.
- (18) 古藤高良 : スタートの実験的研究, 体育学研究 Vol.13 No.5 (264), 1968.
- (19) 花田登 : スタート・ダッシュの一考察, 体育学研究 Vol.14 No.5 (138), 1969.
- (20) Geoffrey Dyson : The mechanics of athletics, University of London Press LTD, 1970.
- (21) 築田秀治 : クラウチング・スタートの第1歩時の姿勢について, 体育学研究 Vol.4 No.1 (127), 1959.
- (22) 荒木善行 : スタート・ダッシュの分析的研究 (その1) 脚筋力を中心として, 体育学研究 Vol.9 No.1 (274), 1964.
- (23) M.Desipres : Kneeling and standing sprint start, Track Technique72 (2302—2303), 1978.
- (24) S. K. Powers : Standing or crouch sprint start, Track Technique67 (2126), 1977.
- (25) 長沢光雄, 関岡康雄, 永井純, 岡野進 : 学校体育におけるクラウチングスタートについて, 日本体育学会第27回大会号 (522), 1976.
- (26) 浅見俊雄, 石井喜八他編著 : 身体運動学概論, 大修館書店, 1976.
- (27) 村木征人, 宮川千秋 : 短距離疾走の加速過程における運動の変化, 東海大学体育学部紀要 (55—72), 1973.
- (28) M. Crook : Foot lift-off cinder vs. tartan surfaces, Track Technique54 (2302—2303), 1974.
- (29) E. Unold, P. A. Neukomm, B. M. Nigg : Acceleration on different surfaces, Track Technique69 (2211—2212), 1977.