

短距離疾走のパフォーマンスに及ぼす走技術の影響について

——同一水準の最大無酸素パワーを有する選手を対象にした場合——

丸 山 敦 夫・富 樫 浩 輝*

(1985年10月15日 受理)

Effect of Sprint Skills on 100m Dash Performance.

——In Cases of Same Maximal Anaerobic Power Level as Physical Resources——

Atsuo MARUYAMA and Kouki TOGASHI

緒 言

身体運動の Performance について猪飼³⁾は $P=C\int PR(M)$ という関係式で説明している。すなわち、 P =Performance (出来ばえ), C =Cybernetics (サイバネティックス), PR =Physical Resource (身体資源) および M =Motivation (意志) を表わしている。この式は、身体運動の“出来ばえ”は意志によって出された身体資源が制御されたものとして決定されることを意味している。

身体資源は、酸素摂取量、酸素負債量、パワー、筋力、および神経筋協調などの生理学的な要素を含んでいる。一方、サイバネティックスは身体のスキルに相当し、意志は意志力を示すと考えられる。

さて、短距離疾走の Performance (記録) を上記 $P=C\int PR(M)$ の式に置き換えてみると、(短距離走の記録)=(走のスキル) \int (パワー) (意志) の関係になると考えられる。すなわち、短距離走の良い記録は、意志が同水準であるとすれば、より大きなパワーとより優れた走スキルから成り立つことになる。

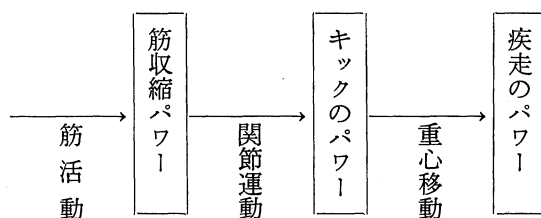
短距離走のパワーは、無酸素的代謝に関与する非乳酸性エネルギー機構および乳酸性エネルギー機構から主に産生される¹⁾。非乳酸性エネルギー機構は、筋中に存在する ATP および CP を分解してエネルギーを発生する。このエネルギー容量は約 100 cal/kg で、このパワーは 13 cal/kg·sec と大きく、約 8 秒間身体を可能な限りすばやく動かすのに適したエネルギー出力を持っている。また、乳酸性エネルギー機構は、筋グリコーゲンが乳酸へ分解されるまでの解糖系作用の過程である。この過程では ATP が産出され、この ATP を分解してエネルギーを発生する。その容量は約 230 cal/kg で、そのパワーは約 7 cal/kg·sec である。この二つの機構によって短距離走に必要な筋収縮のパワーを生み出す。そして、この筋収縮のパワーは、身体資源の中でも無酸素的パワーとして

鹿児島大学教育学部体育科 (運動学・陸上競技)

* 鹿児島大学教育学部研究生

パフォーマンス (記録) と密接な関連があることが報告されている⁵⁾⁹⁾¹⁴⁾。

この無酸素パワーをいかに有効に出力し、疾走速度を増大するかについて、金子⁸⁾は次のような模式を用いて説明している。



この模式図によると、キックのパワーを大きくするには、筋収縮のパワーをより効率よく関節運動へと伝達するスキルが必要である。さらに、疾走のパワーを大きくするには、キックのパワーを推進方向へ向けるスキルが必要となってくることを示している。

このような短距離疾走に必要なパワーをいかに導き出すかという走のスキルについて、⁴⁾ 1)足首による力強いキック, 2)前脚の大腿を高く振り上げて着地足によるブレーキをできるだけ少なくすること, 3)上体と身体全体の前傾が適度であること, 4)腰の回転, 5)大きい腕の振り, 6)身体の上下動が小さいことなどが一般的に挙げられている。このような走スキルが、脚を速く回転させ、前方へのより大きな推進力を生む要素として重要となるであろう。

そこで、本破究は、無酸素パワーを有効に作用させる走スキルをより明らかにするために、身体資源としての最大無酸素パワーを同程度有するが 100m 疾走記録の異なる選手の疾走フォームを 16mm 高速度カメラで撮影した画像を解析して検討する。

実 験 方 法

1) 被験者

100 m 疾走の記録は異なるがほぼ同水準にある最大無酸素パワー体重値を有する被験者を選出するため、陸上競技の男子短距離選手並びに規則的に練習している男子運動選手の計30名を対象とした。被験者全員に無酸素パワーの測定と運動選手には2回の 100 m 疾走タイム・トライアルを実施した。そして、これらの値をもとに、100 m の各被験者のベスト記録と最大無酸素パワー体重値の関係を求めた(図1)。

これらの被験者の中には、1983年日本陸上競技選手権 100 m 疾走の優勝者が含まれており、この被験者 H.M. の最大無酸素パワー体重値を基準としてほぼ同一の値を有する他の被験者を選出した。8名の被験者の身体特性は表1に示した。また、A群およびB群の 100 m 疾走のベスト記録の平均値と標準偏差は、それぞれ、 $10\text{秒}88 \pm 0.263$, $11\text{秒}88 \pm 0.222$ であり、A群とB群の間には有意な差が認められた ($p < 0.01$)。

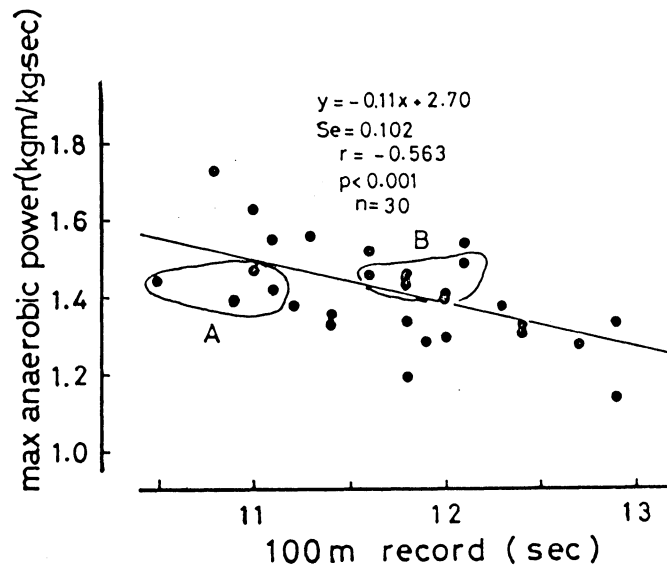


図 1. A群およびB群を選出するための 100 m 疾走記録と最大無酸素パワー体重値の関係

表 1 被験者の身体的特性

group	subj.	age yrs	height cm	weight kg	100m best record sec
A	H.M.	24	166.3	61.3	10.5
	K.K.	20	168.5	60.5	10.9
	H.S.	21	167.7	61.5	11.0
	T.B.	18	171.6	57.9	11.1
	\bar{X}	20.7	168.5	60.3	10.87*
	sd	2.50	2.24	1.65	0.26
B	K.S.	21	175.5	64.6	11.6
	T.Y.	21	160.2	60.1	11.8
	H.I.	22	171.0	67.2	12.0
	K.J.	22	168.6	64.6	12.1
	\bar{X}	21.5	168.8	64.1	11.87
	sd	0.57	6.42	2.95	0.22

* $p < 0.01$

2) 無酸素パワー

無酸素パワーは、モナーク社製自転車エルゴメータを使って測定した。パワーの最大値を得るために被験者に 6, 7 および 8 kp の負荷を与えて約 15 秒ずつ全力で駆動させた。自転車エルゴメータによるパワー算出は、自転車の動輪が一回転する時間を測定することで可能である。すなわち、

$$\text{無酸素パワー} = \frac{\text{負荷 (kg)} \times 2\pi \times 0.26 \text{ (m)}}{\text{動輪一回転の時間 (sec)}}$$

となる。動輪一回転の時間は、図 2 で示されたように、小さな磁石を動輪に貼り付ける一方、動輪

bicycle ergometer

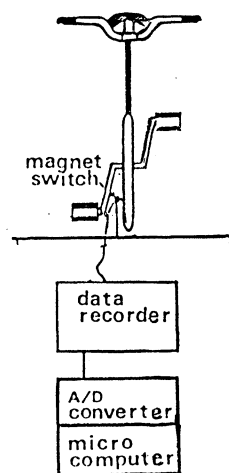


図 2. 無酸素パワーの測定法

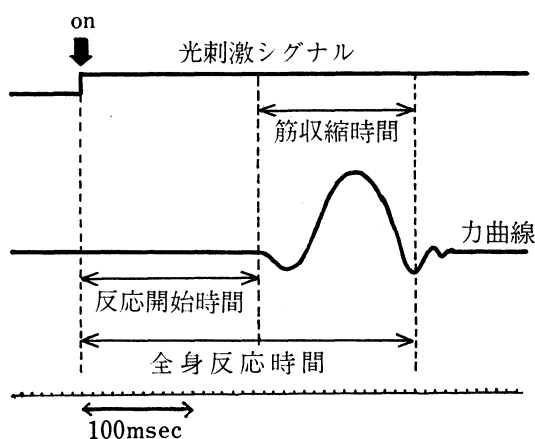


図 3. 全身反応時間の計測

を支持するフレームに磁気スイッチを設置し、一回転毎に磁気スイッチから発生するパルス間を計測した。磁気スイッチからのパルスはデータ・レコーダーに記録し、パルス間の時間はパーソナルコンピュータ (Apple II J-plus) を使って A/D 変換して求めた。

3) 筋力

筋力の測定は、無酸素パワーから選出した 8 名の被験者を対象に等尺性筋収縮の条件で上腕屈曲力、大腿屈曲力、大腿伸展力および背筋力について実施された。上腕屈曲力、大腿屈曲力および大腿伸展力の計測は肘関節および膝関節が $90^{\circ} \sim 100^{\circ}$ になるように張力計を設定して、左右 2 回ずつ 6～7 秒間最大努力を発揮させて行った。背筋力の計測は、背筋力計の踏台上に直立させ、上体を前方へ 30° 傾けて最大努力で引っ張り上げて行った。

張力計の歪はデータレコーダーに入力し、その処理はパーソナルコンピュータで行った。

4) 全身反応時間

筋力同様 8 名の被験者を対象に光単純刺激による神経伝達時間および筋収縮時間から成る全身反応時間の測定を実施した。この測定は、圧力板 (ホリバン社製) 上に被験者を立たせて、電球に集中させ、電球が点灯したらできるだけ速く飛び上がることを指示して計測した。試技回数は 1 人の被験者に 12 回行わせた。最長および最短時間を除いた 10 回の平均時間を反応時間とした。

圧力板の歪は歪計を介してデータレコーダーの 1ch に入力し、2ch には光シグナルのパルスを入力した。この反応時間の計測はデータレコーダーの出力をパーソナルコンピュータへ入力し、A/D 変換して求めた。

図 3 に示したように、神経伝達時間は、光刺激のシグナルから被験者が動き始めるまでの時間である。筋収縮時間は、動き始めて圧力板から足先が離れるまでの瞬間の時間である。

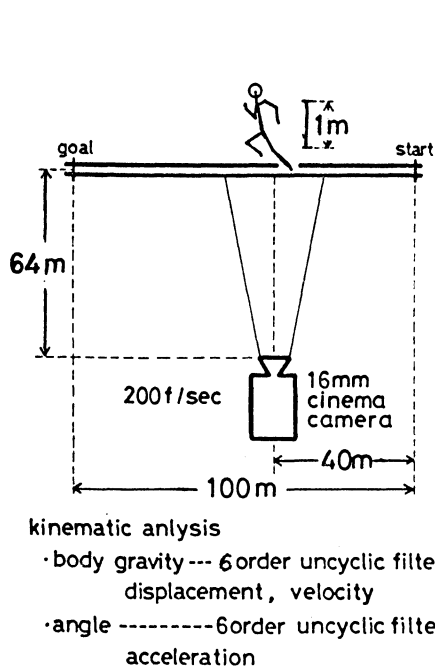


図 4. 16 m 高速度カメラ設置場所の模式図

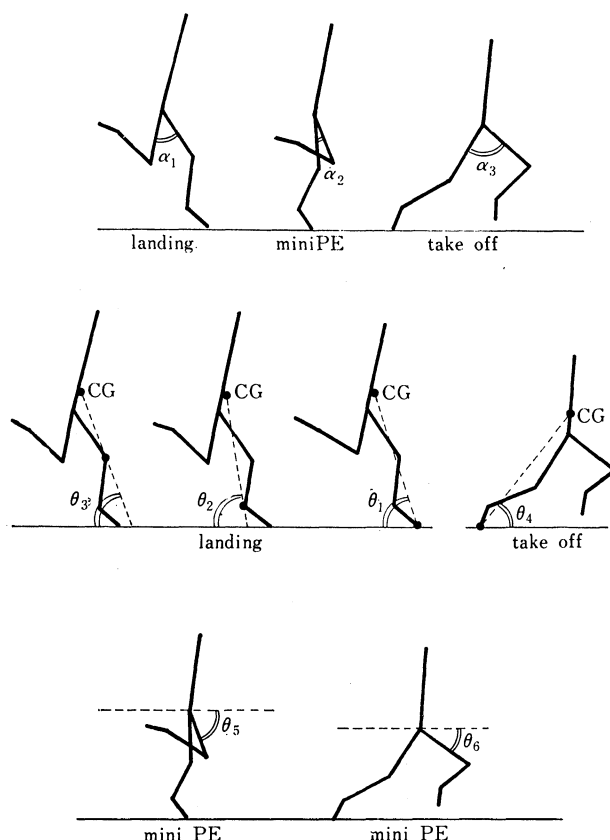


図 5. 100 m 疾走フォームにおける各々の関節角

5) 100 m 疾走フォームの画像解析

i) 16 mm 高速度カメラによる測定条件

100 m 全力疾走フォームを 200 frames/sec (較正值 0.00503 sec/frame) の 16 mm 高速度カメラ (D.B. MILLIKEN DBM4C) で撮影した。撮影場所は、鹿児島大学教育学部のアンツーカーグラウンドであり、100 m 全力疾走のタイムトライアルを一回行った。16 mm 高速度カメラの設置場所は、図 4 で示したように、疾走時の最高スピードが出現するスタートラインから 40 m の距離で、レンズの収差をできる限り小さくするため走路から 64 m 離れた地点とした。撮影月日は、1983年11月20日である。

8名の被験者には、画像から身体合成重心および関節角度を求めるため競泳パンツだけを着用させ、胸骨上縁、肩峰、肘、手首、中指骨根部、大転子、膝および足首に黒のマーカを標した。さらに頭部には競泳用キャップを着用させた。

ii) 画像の処理

撮影したフィルムは、1コマ送りの 16 mm 用プロジェクター (NAC 社製) でパーソナルコンピュータ (Apple II) に接続させたタブレット (X-Y 座標板) に投影した。身体合成重心を求めるために黒いマーカを標した身体部位を中心に19点、さらに関節角度などを得るために5点の計24点をグラフペンで打点した。各被験者の疾走中の1周期 (例えば、右脚の着地から右脚の次の着地まで) を含めて、70~90コマを入力した。

身体部位の座標に対し、いろいろな誤差を取り除くため、6Hz cut off の6次非巡回型フィルターで平滑化した。この処理には、体育科運動学の画像解析処理システムを用いた¹⁰⁾。

100 m 全力疾走フォームから着目した走スキルは、図5に示したように、1)接地局面の着地時、位置エネルギー最小時および離地時の股関節角度 ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)、2)着地時の身体重心と支持脚の足先 (θ_1)、足首 (θ_2) および膝 (θ_3) を結ぶ直線と地面のなす角度および離地時の身体重心—足先—地面の角度 (θ_4)、3)膝関節および足関節の角加速度、4)振り出し脚の位置エネルギー最小時 (θ_5) および離地時 (θ_6) の大腿と地面のなす角度について挙げた。

結果および考察

1) 同一最大無酸素パワーを有する被験者の選出

短距離選手および運動選手30名の被験者を対象とした 100 m 疾走記録と最大無酸素パワー体重値との関係は、図1に示したように $r=0.563$ ($p<0.001$) の有意な相関係数を示した。これら被験者の中からほぼ同程度の最大パワー体重値を有する被験者を対象にするため、10秒5の記録で最大パワー 1.44 kgm/kg·sec を持つ H.M. を基準に記録の高い群 (A群) 4名、記録の低い群 (B群) 4名の被験者を選出した。

A群およびB群の実験時の 100 m 疾走記録の平均値と標準偏差は、それぞれ、11秒58±0.340sec および12秒 25±0.289 sec であり、両群の間に有意な差が生じた ($p<0.001$)。A群およびB群の最大無酸素パワー体重値の平均値と標準偏差は、それぞれ、1.430±0.0292 kgm/kg·sec および 1.448±0.0327 kgm/kg·sec とほぼ等しい値であった。最大無酸素パワー絶対値は、表2に示された

表 2. A群およびB群の 100 m 疾走記録、最大無酸素パワー、筋力および全身反応時間について

group	subj.	100m record in experi- ment (sec)	anaerobic power		muscle strength				reaction time		
			max (kg·m/ sec)	max/ weight (kg·m/ sec·kg)	ARM	LEG		BACK (kg)	response- starting time (msec)	muscle- contraction time (msec)	body- reaction time (msec)
					flexion (kg)	flexion (kg)	extention (kg)				
A	H.M.	11.1	87.90	1.44	30.0	15.3	65.6	142.6	223.7	100.4	324.1
	K.K.	11.6	83.35	1.39	21.5	21.0	58.6	133.6	220.2	107.1	327.3
	H.S.	11.7	90.31	1.47	35.2	24.7	61.1	136.2	160.3	96.9	257.2
	T.B.	11.9	82.10	1.42	.....	18.6	68.6	149.5	167.1	149.9	317.0
	\bar{X}	11.6※	85.92	1.43	28.9	19.9	63.5	140.5	192.8	113.6	306.4
	sd	0.34	3.847	0.034	6.92	3.96	4.48	7.10	33.78	24.58	33.08
B	K.S.	11.9	83.84	1.49	29.5	25.4	64.3	162.1	216.4	122.7	339.1
	T.Y.	12.2	86.37	1.44	28.1	9.6	83.2	166.4	163.6	115.5	279.1
	H.I.	12.6	93.91	1.40	28.2	19.3	62.8	180.7	.....	.....	.....
	K.J.	12.3	94.02	1.46	28.1	24.7	55.2	133.6	178.6	121.2	299.9
	\bar{X}	12.3	89.41	1.45	28.5	19.8	66.4	160.7	186.2	119.9	306.0
	sd	0.29	5.403	0.038	0.68	7.29	11.90	19.74	27.20	3.79	30.47

※ $p<0.001$

通りである。

スプリンターの 100 m 疾走記録と最大無酸素パワー絶対値についてみると、生田ら⁵⁾は、9 名の 10 秒 7 ～ 11 秒 3 の 100 m 疾走記録をもつスプリンターは、本研究と同じ自転車エルゴメーターを用いた最大無酸素パワー絶対値で 90.4 ～ 105.8 kgm/sec という値を示し、本研究の A 群のスプリンターの 82.1 ～ 90.3 kgm/sec よりやや高い値を示している。しかし、体重移動を考慮し最大パワー体重値でみると、1.41 ～ 1.58 kgm/kg・sec となり、本研究での A 群 1.39 ～ 1.47 kg・sec よりやや高い値を示すものの 1.4 kgm/kg・sec 台の値を示している。

しかし、高校生でロサンゼルスオリンピックに出場した H.F. (日本記録保持者 10 秒 34) の最大パワー絶対値は、105 kgm/sec と高く、最大パワー体重値でも 1.75 kgm/kg・se と非常に高い値を示している¹²⁾。このように両方で高い値を示す選手もいるが、最大パワー絶対値は、身長や体重の大きさにより影響される。そのため、身体の優れたスポーツ選手には、かなり高いパワー絶対値を有するものも多いであろう。このことから、必ずしもパワー絶対値が高いことがスプリンターの条件にはならない。本研究での A 群および B 群の被験者の体重当りの最大パワー値は他の報告⁵⁾¹⁴⁾と比較すればほぼ同じような値となっていた。

2) 筋力および全身反応時間

上腕屈曲力、大腿屈曲力、大腿伸展力および背筋力の平均値と標準偏差は、表 2 に示した通りである。上腕屈曲力、大腿屈曲力および大腿伸展力は、A 群および B 群でほぼ同水準であったが、背筋力は、B 群で大きい値を示した。10 秒台である H.M. や K.K. の筋力は、8 名の被験者の中でも高い値を示していなかった。

日本の一流選手で 100 m の記録 (電気計時) 10 秒 50 ～ 10 秒 57 までの 4 名の選手の筋力についてみると¹¹⁾、上腕屈曲力は、23.75 ～ 29.75 kg で、背筋力は、146 ～ 218 kg の範囲にあった。本研究の上腕屈曲力の値とはほぼ同程度であるが、背筋力にははるかに高い値を示した。同様に、ジュニアの一流短距離選手 (17 ～ 19 歳、100 m 10 秒 34 ～ 10 秒 5) 3 名についての上腕屈曲力、大腿屈曲力、伸展力および背筋力¹²⁾はそれぞれ、25.2 ～ 30.4 kg, 28.1 ～ 38.0 kg, 53.4 ～ 90.3 kg および 147 ～ 205 kg の範囲にあり、本研究の背筋力を除く各筋力とはほぼ同程度の値を示した。また、一般の大学生にスプリントトレーニングを行わせた結果⁶⁾、トレーニング後の 100 m 記録は 13 秒 52 で、大腿屈曲力、大腿伸展力および背筋力は、それぞれ、19.3 kg, 63.0 kg および 154.2 kg で、この結果も本研究の筋力と同程度であった。以上のように、100 m の記録に大きな差があっても、各筋力の範囲にあまり差が見られないことから、パフォーマンスと筋力との間にあまり関連性を見い出すことはできないと思われる。

光刺激による A 群および B 群の反応開始時間、筋収縮時間および全身反応時間の平均値と標準偏差は、表 2 に示した通りである。A 群および B 群とも各時間で、あまり差が認められなかった。

猪飼ら²⁾は、陸連オリンピック候補選手および 10 秒 1 の日本記録をもつ飯島選手の音刺激による全身反応時間を調べた。オリンピック選手の動作開始時間、筋収縮時間および全身反応時間は、そ

れぞれ, 179 msec, 105 msec および 283 msec を示し, 飯島選手にいたっては, 154 msec, 96 msec および 250 msec と非常に速い反応を示した。本研究での反応時間は光刺激反応によるもので音刺激によるものより遅れると言われるが, A群にはかなり速い筋収縮時間を示も被験者もいた。

本研究の被験者は, 最大無酸素パワー絶対値, 筋力および全身反応時間の各値において短距離選手として平均的な値を示している。さらに, 形態的にも日本人の平均的な身長や体重となっていることから, 身体資源として特に優れた能力を持っているとは認められなかった。

3) 100 m 疾走フォームの画像解析

i) 接地局面における股関節角度について (図5)

接地局面における着地時 (landing), 位置エネルギー最小時 (mini PE) および離地時 (take off) の支持脚と振り出し脚のなす股関節角度 (α_1 , α_2 , α_3) は表3で示した通りである。A群とB群をみると, 着地瞬間時ではA群の平均角度が狭く, 離地瞬間時ではA群の平均角度が広い傾向にあった。mini PE 時ではA群の角度が広く, 有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

表 3. 接地局面における股関節角度 (degrees)

group	subj.	landing (α_1)	mini PE (α_2)	take-off (α_3)
A	H.M.	28.0	36.8	86.5
	K.K.	27.5	31.1	90.3
	H.S.	46.6	21.6	82.6
	T.B.	42.5	27.3	86.7
	\bar{X}	36.2	29.2※	86.5
	sd	9.8	6.40	3.15
B	K.S.	28.0	1.9	75.5
	T.Y.	51.5	15.3	90.0
	H.I.	54.5	7.0	81.7
	K.J.	37.6	19.3	91.8
	\bar{X}	42.9	10.9	84.8
	sd	12.36	7.88	7.57

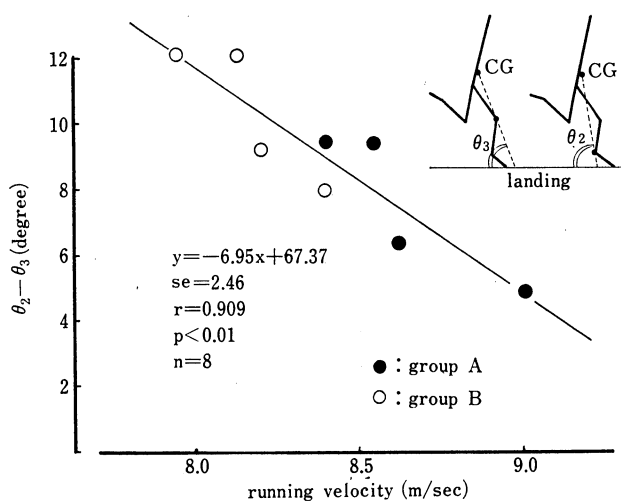
※ $p < 0.05$

齊藤ら¹⁵⁾は, トレッドミルを用いて低速から高速へと速度を増加した時の下肢関節の動きについて, 優秀なスプリンター, 中程度のランナーおよび非鍛練者の3人の被験者を対象に検討している。その中で, 振り出し脚大腿と接地脚大腿のなす角度 (股関節に相当する) は, 高速において優れたスプリンターほど接地瞬間で狭く, 趾部圧最大時 (mini PE に相当すると考えられる) で広く, さらに離地瞬間時で広くなる傾向を示した。このことは, 振り出し脚がキック後, 後方に流れることなく極めて前方へ振り出されていると指摘している。本研究でも, A群で同様な傾向が見られ, 特に全力疾走時の場合は mini PE 時の股関節角度の広さが大切であると考えられる。

ii) 着地時の身体重心と支持脚の足先, 足首および膝を結ぶ直線と地面のなす角度について (図5) 身体重心—足先—地面の角度 (θ_1), 身体重心—足首—地面の角度 (θ_2) および身体重心—膝—

表 4. A群およびB群における着地時間の身体重心—足先, 足首および膝—地面のなす角度と離地時の身体重心—足先—地面のなす角度

group	subj.	LANDING				TAKE-OFF
		CG-toe-ground (θ_1)	CG-ankle-ground (θ_2)	CG-knee-ground (θ_3)	$\theta_2 - \theta_3$	CG-toe-ground (θ_4)
A	H.M.	76.1	79.9	75.0	4.9	54.8
	K.K.	78.2	81.3	75.0	6.3	48.1
	H.S.	75.0	78.4	69.0	9.4	51.9
	T.B.	72.8	79.9	70.4	9.5	51.7
	\bar{X}	75.5	79.9	72.4	7.2	51.6
	sd	2.25	1.18	3.11	1.55	2.74
B	K.S.	76.0	81.2	73.3	7.9	54.2
	T.Y.	75.6	78.0	68.8	9.2	51.5
	H.I.	78.7	80.7	68.6	12.1	50.2
	K.J.	76.8	79.5	67.4	12.1	54.3
	\bar{X}	76.8	79.9	69.5	10.3	52.6
	sd	1.38	1.42	2.59	2.12	2.03

図 6. 100 m 疾走速度と $\theta_2 - \theta_3$ の角度との関係

地面の角度 (θ_3) は, 図 5 および表 4 に示した通りである。 θ_1 の平均値は, B 群で大きく, θ_2 は両群でほぼ同じ値となり, θ_3 は A 群で大きかった。 θ_3 を疾走速度との関係でみると, $r=0.816$ ($p<0.05$) の有意な相関関係が認められ, 重心—膝—地面の角度が大きいほど, 着地時のブレーキが小さくなる⁴⁾と考えられる。 θ_1 はできるだけ大きい方が疾走速度に有利である¹³⁾と言われるが, 本研究の 8 名の被験者からは θ_1 と疾走速度の関係は認められなかった。同様に離地時の身体重心—足先—地面の角度 (θ_4) は疾走速度と関連があると言われているが, 本研究の θ_4 は A 群と B 群との間に差がなく, 疾走速度との間にも関連が認められなかった。

しかし, $\theta_2 - \theta_3$ の角度すなわち, 足首—重心—膝の角度の平均値は, A 群 $7.2 \pm 1.55^\circ$ B 群で, $10.3 \pm 2.12^\circ$ で A 群の角度が小さい傾向にあった。この角度を疾走速度との関係でみると, 図 6 に示したように $r=-0.909$ ($p<0.01$) で非常に高い有意な相関関係が認められた。この角度は, 足先が身体重心の真下にあっても, 膝の関節が曲がっていると疾走速度を妨げることを示唆している。このことから, 原則的には, 着地瞬間時の θ_1 が大きいことは重要であるが, その時の条件としてこの角度ができるだけ小さいことが必要であると思われる。

表 5. A群およびB群における膝と足首の角加速度 (rad/sec²)

group	subj.	knee	ankle	knee+ankle
A	H.M.	417.5	924.2	1334.1
	K.K.	264.1	792.8	1056.9
	H.S.	373.8	625.1	998.9
	T.B.	282.7	519.1	801.8
	\bar{X}	334.5	715.3	1048.1
	sd	73.20	179.14	220.08
B	K.S.	278.1	678.0	956.1
	T.Y.	345.2	346.8	692.0
	H.I.	301.6	330.5	632.1
	K.J.	292.8	627.1	919.9
	\bar{X}	304.4	495.6	800.0
	sd	28.86	182.54	161.86

iii) 接地局面における膝関節および足関節の角加速度について

大きな疾走速度を獲得するには、第一に接地局面の力強いキック力が必要である⁴⁾。このキック力は大腿部および下腿部の筋収縮パワーを膝関節および足関節による関節運動によって地面に作用させる。そこで、膝関節および足関節を軸とした回転力を推定することが可能と思われる角加速度⁵⁾(角速度の変化量)について検討した。ただし、被験者の身長にあまり差がないので、膝関節および足関節の慣性モーメントがほぼ同じことと仮定した。

A群とB群の角加速度は、角加速度がピークに達した mini PE を表5に示した。また、図7はA群のH.M.とB群のT.Y.の接地局面の典型的な角加速度の時間的变化を示した。A群およびB群の角加速度のピーク値に図のような足関節の角加速度に差が見られた。表5でみられるように、膝の角加速度は両群ともあまり差がみられないが、足関節の角加速度はA群の方が約2.6倍ほど大きい値を示した。足関節の角加速度、つまり足首のキック力の違いが現れていると考えられる。

また、疾走速度との関係を各角加速度でみると、膝の角加速度では $r=0.541$ ns で有意な相関は認められなかったが、足首の角加速度では、 $r=0.748$ ($p<0.05$) の有意な相関関係 (図8) が得られ、さらに、膝と足

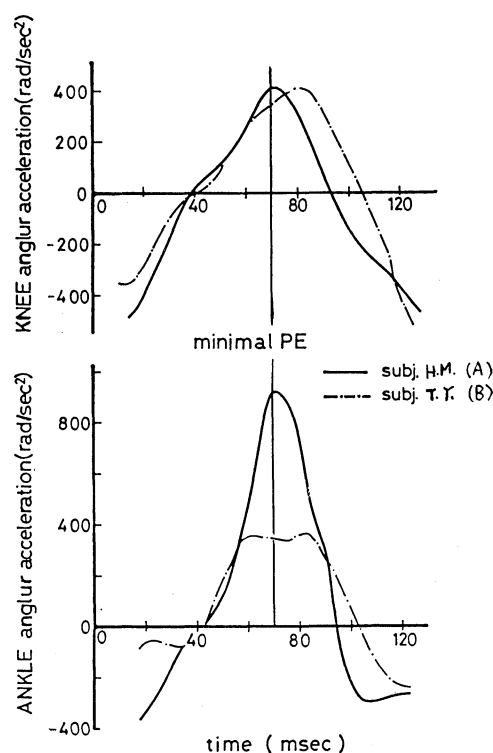


図 7. A群およびB群の接地局面における典型的な膝および足首の角加速度の変化

表 6. A群およびB群の大腿と地面のなす角度 (degrees)

group	subj.	miniPE (θ_5)	take-off (θ_6)	$\theta_5 - \theta_6$
A	H.M.	56.3	33.9	12.4
	K.K.	45.0	27.6	17.4
	H.S.	67.0	41.2	15.8
	T.B.	66.7	42.3	24.4
	\bar{X}	58.8	36.3	17.5※
	sd	10.43	6.87	5.05
B	K.S.	58.1	33.9	24.2
	T.Y.	76.3	42.0	33.3
	H.I.	75.5	41.1	34.4
	K.J.	69.8	36.8	33.0
	\bar{X}	69.9	38.5	31.2
	sd	8.40	3.79	4.72

※ $p < 0.01$

関節の角加速度の和では $r=0.810$ ($p < 0.02$) の有意な相関が認められた (図 9)。これらのことから、足首の角加速度は高い疾走速度を獲得するのに重要な役割を果たしており、大腿で発揮された筋収縮のパワーを地面に有効に作用させる値であると考えられる。また、膝と足首の角加速度を合せたものは、疾走時の脚全体のパワー発揮の一つの指標になるであろう。

iv) 振り出し脚の大腿と地面のなす角度について

今まで、支持脚を中心に着目してきたが、ここでは、振り出し脚について検討した。つまり、膝や足首の大きい角加速度はキックのパワーが大きいと考えられたが、このキックのパワーを疾走パワーへといかに有効に変換するかについて、接地局面の重心移動における negative 期から positive 期に変わった時点 (mini PE 時) と離地時において、振り出し脚の

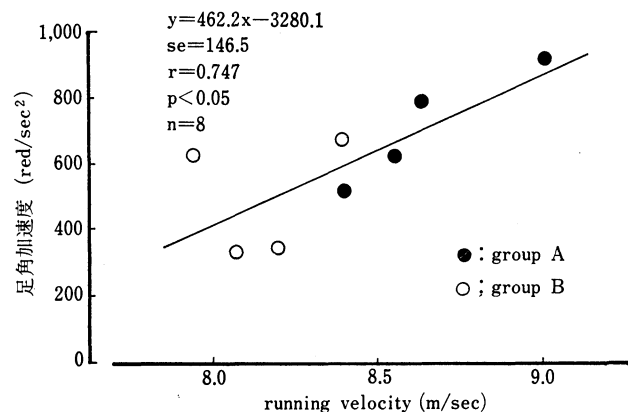


図 8. 100 m 疾速度と足走首の角加度速の関係

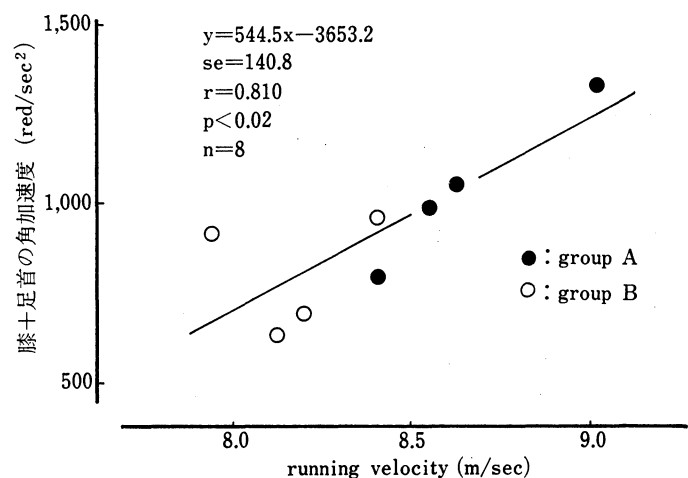


図 9. 100 m 疾走速度と膝+足首の角加速度との関係

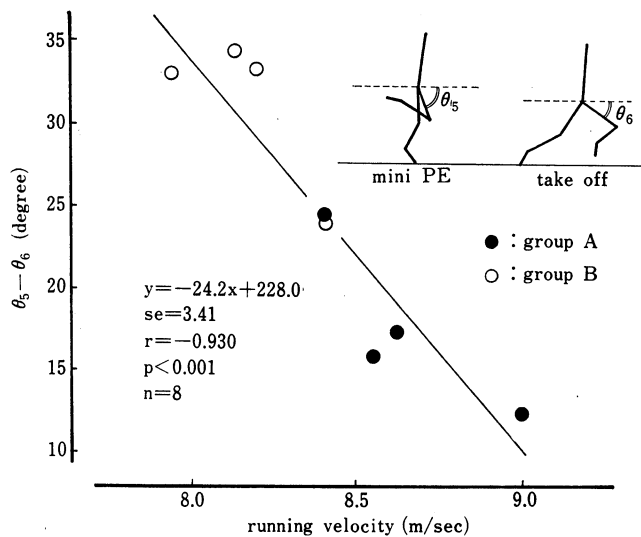


図 10. 100 m 疾走速度と $\theta_5 - \theta_6$ の角度との関係

た。宮丸¹³⁾は、疾走速度とこの離地時の大腿の引き上げ角度との間に $r = -0.736$ の相関を得て、疾走速度が高いものほど引き上げ角度が小さいことを示唆している。しかし本研究では、この二者の関係に $r = -0.439$ ns の相関しか認められなかった。

$\theta_5 - \theta_6$ は、A群で $17.5 \pm 5.05^\circ$ 、B群で $31.2 \pm 4.72^\circ$ となり、両群の間には、 $p < 0.01$ で有意な差が認められた。すなわち、A群では mini PE 時から離地時までの大腿の引き上げ角度が小さく、B群では引き上げる角度が大きいことを表わす。この角度を疾走速度の関係でみると図10で示されたように、 $r = -0.930$ ($p < 0.001$) と非常に高い有意な相関関係が認められた。このことは、疾走速度の高いものほど、引き上げ角度が小さいことを示している。特に、 θ_6 のA群とB群であまり差がないことから、mini PE 時にすでに大腿が引き上がっているため、膝と足首の角加速度（キック力）が、有効に推進力へ変換され大腿を引き上げる力へと分散しない有利な条件を作っていると考えられる。

以上のことから、身体資源を同水準にした場合 100 m 疾走の走スキルで重要な要因は、接地局面での着地時の支持脚の足先が、膝関節の伸びた状態で身体重心の真下に着くことである。次に、膝関節および足関節の角加速度が大きいこと、特に足関節の角加速度が大きいことである。そして、振り出し脚の mini PE 時から離地時へと移動する時の大腿の地面になす角度の変化分が小さいことであることが示唆された。

結 論

本研究の目的は、身体資源としての最大無酸素パワー体重値がほぼ同水準にある短距離選手 8 名を選出し、無酸素パワーを有効に働かせる走スキルを 16 mm 高速度カメラで撮影し、その画像を解析して求め、100 m 疾走速度との関連づけて検討することであった。

1) 100 m 疾走記録の異なる A 群および B 群の身体資源としての最大無酸素パワー体重値、筋

大腿が地面になす角度 (θ_5 , θ_6) およびその変化 ($\theta_5 - \theta_6$) について注目した。

mini PE 時の振り出し脚大腿と地面のなす角度 (θ_5)、離地時の振り出し脚大腿と地面のなす角度 (θ_6) および、mini PE 時から離地時への振り出し脚大腿の変化角度 ($\theta_5 - \theta_6$) は表 6 に示した通りである。 θ_5 は A 群で B 群より 11.1° も小さい値を示し、mini PE 時点で大腿がすでに上がっていることを示している。また、 θ_6 は、A 群がわずかに小さかったが離地時の大腿の上がりにはあまり差がなかった。

力および全身反応時間は、短距離選手として特に優れた能力を示さなかつた。

- 2) 100 m 疾走フォームを解析した結果、100 m 疾走速度と位置エネルギー最少時の股関節角度との間に有意な負の相関関係が認められた。つまり、疾走速度が高いほど、股関節角度が大きい。
- 3) 100 m 疾走速度と着地時の支持脚の身体重心―膝―地面のなす角度との間に有意な相関関係が認められた。さらに、足首―身体重心―膝の角度は、A群とB群で有意な差を生じ、100 m 疾走との間にも有意な負の相関が認められた。このことから、着地時の支持脚は、脚全体が伸びた状態で重心の真下に着地することが重要であることが示唆された。
- 4) 位置エネルギー最少時の膝関節および足関節の角加速度は、A群で大きい値を示したが、特に、足関節で2.6倍も大きい値を示した。また、100 m 疾走と足関節の角加速度との間に有意な正の相関が認められ、足首のキック力の強さが疾走速度に大きく貢献していることが示唆された。
- 5) 位置エネルギー最少時から離地時への振り出し脚の大腿が地面になす角度の変化値は、A群とB群の間で有意な差が認められた。さらに100 m 疾走速度との間に有意な負の相関が認められた。この角度変化が小さいことは、キック力が有効に推進力へ変換され、大腿部を引き上げる力へて分散しない有利な条件になると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 青木純一郎：筋収縮のエネルギー：保健の科学，13(9)：p.507-511(1971)
- 2) 猪飼道夫，浅見高明，芝山秀太郎：全身反応時間の測定とその応用：Olympia，7：p.210-219(1961)
- 3) 猪飼道夫：身体運動の生理学：杏林書院：p.336：1974
- 4) 生田香明：走運動(スプリント)とパワー：大修館書店，スポーツとパワー，Ⅲ：p.59-84(1977)
- 5) 生田香明，根木哲朗，栗原崇志，播本定彦：敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力：体育学研究，26(2)：p.111-117(1981)
- 6) 生田香明，栗原崇志，中塘二三生，播本定彦：スプリント・トレーニングが疾走能力および敏捷性・筋力・パワー与える効果：体育学研究，29(3)：p.227-235(1984)
- 7) 金子公有，北村潔和：100m 疾走中のスピード変化に関係する要因のキネシオロジー的分析：体育の科学，25(2)：p.109-115(1975)
- 8) 金子公有：パワーのメカニズム：大修館書店：スポーツとパワー，Ⅱ：p.9-57(1977)
- 9) 丸山敦夫，美坂幸治，長岡良治，鳥丸卓二，杉本英夫，高山俊彦：無酸素パワーとパフォーマンスの相関関係についての一考察：日本体育学第33回大会号：(1982)
- 10) 丸山敦夫，藤島仁兵，川崎広時，末吉靖宏：2方向からみた cinematographic 法による速度および加速度の誤差について—force platform の速度および加速度を基準として—：鹿児島大学教育学部研究紀要，34：p.45-51(1984)
- 11) 松井秀法：ジュニアからシニア(国際級)までの一貫性上競技トレーニング(その3)：日本体育協会，1979年度日本体育協会スポーツ科学研究報告書 Vol.1，(18) 陸上競技：333-365(1979)
- 12) 松井秀治，小林寛道：ジュニア選抜選手の体力測定から：ベースボール・マガジン社，陸上競技マガジン7(1984)
- 13) 宮丸凱史：短距離疾走フォームに関する実験的研究：東京女子体育大学紀要，6(1971)

- 14) 村瀬 豊, 安田矩明, 蘇 文和, 池上康男 : Sprint Running のスピード変化に関する研究 : 体育の科学, 28(1) : p. 42-47 (1978)
- 15) 斉藤 満, 星川 保, 宮下充正, 松井秀治走 : 速度増加に対応する下肢関節の動きについて : 体育学研究, 16(5) : p. 265-271 : 1972

正 誤 表

誤	正
P 45 図 5 の右下の mini PE	Take off
P 49 表 4 A 群および B 群における着地時間の……	A 群および B 群における着地時間の…… 同表 4 地面のなす角度 (degrees)
P 50 文章15行目約2.6倍ほど…	約1.4倍ほど
P 51 文章18行目 有効に変換するかについて,	有効に変換するかである……
P 53 文章10行目 足関節で2.6倍も……	足関節で1.4倍も……
同16行目 上げる力へて	上げる力へと……
参考文献12行目鳥丸卓二	鳥丸卓三
同17行目 松井秀法	松井秀治
P 54 参考文献 3 行目 松井秀治走：速度……	松井秀治：走速度……
同 4 行目 P 265-271: 1972	P 265-271 : (1972)