

女子中距離疾走フォームに関する実験的研究

山 口 敏 夫

I は じ め に

スポーツにおける運動成果(Performance)は、競技者の身体資源(Physical resources)と運動の巧みさ、いわゆるスキル(motor skill)の水準によって決定されるものであり、猪飼¹⁾は、このことを $\text{Performance} = \text{Skills (Physical Resources)}$ の式で説明している。この関係を長距離走について考えてみれば、よい成果を得るためには、走運動に必要なエネルギーを多量にしかも持続的に発現できる体力(持久力)にすぐれていることと、同時に発現したエネルギーを効率よく使って走る走法にもすぐれていなければならないことを意味している。

長距離走の場合には、身体資源の代表的な指標として最大酸素摂取量が使われることが多く最大酸素摂取量の大きい走者ほど長距離走の記録がすぐれていることは明らかにされている²⁾。しかし、たとえ酸素摂取能力が同じレベルであっても走法の違い、すなわちスキルの差によってPerformanceにかなりの差がみられることも事実である³⁾。

したがって、長距離走のトレーニングでは、よい走法を身につける技術トレーニングも重要な課題となる。

走運動における技術には、フォーム、ペース配分、作戦の3つに分けられているが⁴⁾、とりわけ疾走フォームは大切な要因である。中距離走のフォームについては、スピードが出せると同時にエネルギー消費の経済的なランニング・フォームとしてとらえられている。そして、このフォームについては身体の上下動、動きのなめらかさ、リラクゼーション、リズムなどの全体的な動きやストライド、ピッチ、身体の前傾、腕や脚の動作などの具体的な動きをとりあげて論議されているが、必ずしも明確にされているものとはいえない。また、これまで男子の長距離走者についての報告は多いが女子走者の例は少ない。そこで日頃からトレーニングを実践している立場から特に女子中距離走者を対象にし、ランナーの実際の疾走フォームを考察してみようとしてこの研究を行った。今回は、走能力の異なる女子中距離走者に1500M全力走を行わせ、フォームの違いを実験的にとらえそれを手がかりとして中距離走のフォームについての技術的ポイントを引き出したいと考えた。

II 実 験 方 法

(1) 被 検 者

Performanceの異なる女子中距離選手6名と一般運動経験者(スピード・スケート部

員) 2名, 計8名を被検者として用いた。その身体的特徴は, 走能力によってA, B, C, Dの4つのグループに区分して表-1に示した。

Table 1 被 検 者 の 身 体 的 特 徴

グループ	被 検 者	身 長 cm	体 重 kg	年 令	1500m最高記録
A	A1	150.0	42.0	22	4' 40" 2
	A2	161.0	55.0	22	4' 43" 5
B	B1	164.0	54.0	19	5' 09" 0
	B2	164.0	56.0	21	5' 18" 0
C	C1	158.0	55.0	19	1500m未経験者
	C2	160.0	51.5	19	1500m未経験者
D	D1	142.0	45.0	21	スピードスケート選手
	D2	156.0	47.0	20	スピードスケート選手

(2) 実 験 方 法

実験では, 被検者8名に十分なウォーミング・アップののち1500M全力走を行わせた。なお, 実験は本学グラウンド(1周 300M)でグラウンド・コンディションの良好な日に行った。

(イ) 16mmシネ・カメラによって1500M疾走フォームを300M毎に同地点で5回毎秒64コマで撮影した。

(ロ) 1500M走の100M毎, 300M毎のラップタイムを測定した。

(ハ) 1500M走の100M毎の中間地点において, 歩幅(Stride)と歩数(Pitch)を測定した。

(ニ) 1500M走行中に要した全歩数を測定した。

また, フィルムの撮影においてはフィルム分析のため各被検者の耳珠点, 肩峰点, 髌骨点, 茎突点, 大転子点, 脛骨点, 踝点などの位置にテープマークをつけると同時に16mmシネカメラのレンズマウントに2現象同時撮影装置(Nac社製)を取付け, 側面レンズから文字放電管のElectronic Stop Watchを用いて1/100秒単位の時間を各コマに写し込んだ。したがって, 撮影したフィルムはFilm Motion Analyzerで分析することによってランニング・フォームを正確にとらえることが出来た。

Ⅲ 結 果 と 考 察

(1) ラップタイムとペース

表-2は, 各被検者の1500M走の300M毎のラップタイムと所要時間を示したものである。これによると各グループとも1500M走のペースは, 幾分個人差はあるが最初の300Mまでのラップタイムが平均ラップタイムより速く走り, 次の300Mでは平均とほぼ

Table 2 1500M走における300M毎のラップタイム

グループ	被検者	300m	600m	900m	1200m	1500m	1500m	300m
A	A1	56"6	58"3	60"1	60"4	58"7	4'54"1	58"8
	A2	52"0	60"0	65"1	67"4	63"9	5'07"4	61"5
B	B1	56"0	65"6	67"2	69"2	64"4	5'22"4	64"5
	B2	57"7	63"9	66"3	69"6	67"2	5'24"7	65"0
C	C1	57"5	69"0	72"2	75"4	68"9	5'43"5	68"7
	C2	59"3	70"2	76"5	79"0	73"7	5'58"7	71"6
D	D1	69"8	79"3	83"4	85"5	80"3	6'38"3	79"7
	D2	63"9	81"6	89"8	90"4	84"4	6'50"1	82"2

同じで、900M～1200Mまでの300Mは、平均ペースよりやや遅く全体に変化が少なくなり、1200M以後、最後の300Mでは再びスピードが上昇している傾向がみられた。また、100M毎に測定したラップタイムは、図-1のようであり、これを考察すれば、1500M走行中のスピードの変化をより明確にとらえることが出来る。

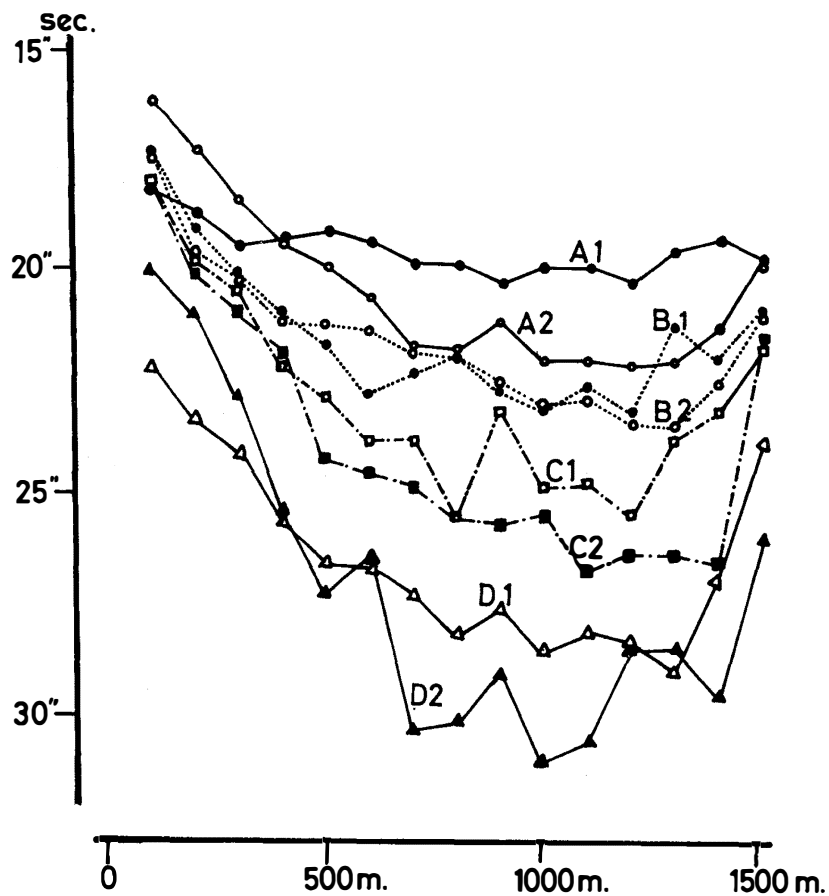


Fig 1 1500M走における100m毎のラップタイムの変化

走能力のすぐれたAグループは、100M毎のラップタイムは変化が少なく、B、C、Dと走力が劣るほど1500M走のスピードの変化が大きい傾向が見られた。

本論では、フォームが考察の課題であるのでペースの問題は参考にとどめておきたい。しかし、中距離走の技術の重要な一面であり、今回の結果からみてもやはり走能力の違いによってペース配分の技術の差もあることが明らかになったと言える。

ペースの面から考えると、この実験では1500M走において前半はある程度積極的なスピードで走り、後半そのスピードが徐々に低下する中で最後に全力を出し切ってスピードを上げるという傾向になっていた。

(2) 歩幅と歩数

表-3は、1500M中の100M毎の中間地点において測定した歩幅の変化を示したものである。歩幅は各地点における4歩(2周期)の平均値である。

Table 3 1500M走における歩幅の変化

	45m	145m	245m	345m	445m	545m	645m	745m
A1	126.3	128.0	113.5	116.3	128.0	114.5	118.0	123.0
A2	137.5	161.2	123.5	131.8	153.0	115.3	107.0	119.0
B1	140.5	137.0	123.8	120.0	110.0	114.5	113.8	121.4
B2	131.0	132.0	121.8	114.0	120.0	106.0	111.5	124.0
C1	127.8	123.0	108.8	102.0	112.0	102.0	96.5	101.5
C2	127.0	125.0	112.3	107.8	109.4	99.8	97.3	100.0
D1	104.5	02.0	97.8	92.0	95.6	87.5	85.5	91.0
D2	127.0	197.0	111.3	104.3	84.0	102.5	92.0	100.0
	845m	945m	1045m	1145m	1245m	1345m	1445m	M(平均)
A1	110.8	110.3	120.0	111.5	114.0	123.0	110.5	117.4
A2	110.0	105.8	116.6	112.3	104.5	113.8	124.8	122.5
B1	109.5	109.0	120.0	109.3	117.3	117.3	119.0	119.0
B2	107.5	109.0	110.0	105.0	104.3	109.7	113.8	114.2
C1	97.3	96.0	102.4	96.3	100.0	109.4	105.3	105.4
C2	103.3	94.8	85.0	92.8	94.8	100.6	109.5	104.0
D1	87.8	91.0	91.0	83.8	83.3	92.0	99.0	99.8
D2	92.8	90.5	88.0	100.0	94.8	98.0	110.8	90.8

ストライドの変化は、スピードの変化と同様の傾向であり、各被検者とも前半ではやや大きく、途中でいくらか小さくなり変動が見られる。そして後半の300Mでは、またいくらか大きくなっているが前半のストライドほど大きくない。また、1500M中の平均速度、全歩幅の平均値、ピッチ(1秒あたりの歩数)の平均値、歩幅の平均値と各走者の身長との比、および1500M走に要した全歩数を算出した結果は表-4のとおりである。

歩幅の平均は、走能力の高いA、Bグループほど大きい傾向がみられるが、走者の身長

Table 4 走能力の違いによる1500M走中の平均歩幅, 平均ピッチ, 平均速度, 平均歩幅/身長, 全歩数の比較

グループ	被検者	(m/sec.)	(cm.)	(steps/sec.)	%	(steps)
A	A1	5.06	117.4	4.3	78.3	1227
	A2	4.87	122.5	3.9	76.1	1224
B	B1	4.78	119.0	3.9	72.5	1260
	B2	4.64	114.2	4.0	70.0	1313
C	C1	4.41	105.4	4.1	66.7	1423
	C2	4.20	104.0	4.0	65.0	1442
D	D1	3.71	99.8	3.7	64.0	1503
	D2	3.70	90.8	3.6	63.2	1652

による影響が考えられるので, 歩幅/身長で考察してみるとその傾向が一層明らかになる。すなわち, Aグループでは, 身長に対して76~78%の歩幅であるが, Bでは70~72%, Cグループでは65~67%, Dグループでは63~64%と著しい差が現われた。したがって, 走能力の高いほど身長に比して大きな歩幅で走っていることがわかる。

一方ピッチの平均値をみると, Aグループの2名は3.9歩/sec., 4.3歩/sec.であり, B, Cグループの4名は3.9~4.1歩/sec.の間であった。Dグループはやや小さくて3.6~3.7歩/sec.となっていた。Aグループの4.3歩/sec.の値を示した走者は, 特に短身(150cm)であるため, ピッチの大きい走法を特徴としていると考えられるのでやや大きな値となった。また, Dグループにおいては, 経験がないためか極端に小さな値となっていた。Dグループを除いて他のグループ間についてみると全体としては, 1500M走行中のピッチの平均値には大きな違いはみられなかった。

1500M走に要した全歩数をみると, Aグループの2人は1224~1227歩, Bは1260~1300歩台, Cは1400歩台, Dは1500~1600歩台となっており, 大きな違いが見られた。特にAグループとDグループの差は約400歩もあった。ランニングにおいては, 歩数が多いほどそれだけ身体を上下運動させることになり, 運動量からみて極めて不利になることは明らかである。したがって, 走能力の劣る走者ほど1500M走行中に垂直方向の仕事量(Vertical Work)が多く, そのために無駄なエネルギー消費をしていることになり, 効率の悪い走法をしているといえる。

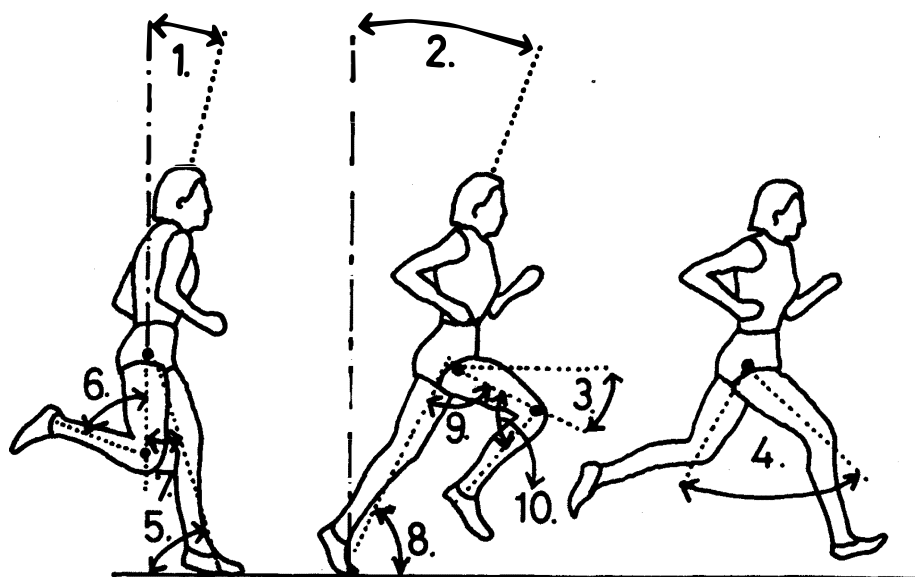
以上のような結果から走能力の違う走者間にはかなりのフォームの違いが見られることが示唆される。Dグループを除いてA, B, Cのグループ間にはピッチの差が見られないのかかわらず1500M走のタイムにはかなりの差が生じていることは, 主として歩幅の差によって生じていると判断できる。

すなわち, 走能力の高いAグループでは同じくらいのピッチで, しかも歩幅の大きい, 上下運動の少ない走り方をしていると考えられる。以下, このフォームの違いをフィルムによる動作分析からとらえることにする。

(3) 角度の分析からみたランニング・フォーム

ランニングフォームをとらえるための一つの方法としてフィルムから接地や離地の瞬間での動きをとらえ、身体や脚についての各種の角度を計測してフォームの分析をすることが多い。^{5,6)}

本研究でもフィルム分析によって各走者のフォームについて図-2に模式的に示したような角度を計測し表-5に示した。



- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1. 上体の前傾角度 | 6. 接地瞬間時における反対脚の膝の角度 |
| 2. 身体の前傾角度 | 7. 接地瞬間時における両大腿開脚角度 |
| 3. 大腿の引きあげ角度 | 8. 離地瞬間時における脚の角度 |
| 4. 両大腿の最大開脚角度 | 9. 離地瞬間時における両大腿開脚角度 |
| 5. 接地瞬間時における脚の角度 | 10. 離地瞬間時における振りあげ脚の膝の角度 |

Fig-2 脚の動作の分析のために計測した角度

Table ランニング・フォームについての角度分析の結果

No.	計 測 角 度	A		B		C		D		M
		A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	
1.	上 体 の 前 傾 角 度	9	11	10	11	6	11	13	15	10.7
2.	身 体 の 前 傾 角 度	14	22	22	22	21	22	21	25	22.0
3.	大 腿 の 引 き あ げ 角 度	30	33	37	39	36	44	37	42	37.0
4.	両大腿の最大開脚角度	99	96	92	82	87	82	82	80	87.5
接地瞬間時	5. 脚 の 角 度	73	78	82	80	79	80	74	74	77.5
	6. 反 対 脚 の 膝 の 角 度	72	65	62	71	73	86	90	93	76.5
	7. 両 大 腿 開 脚 の 角 度	37	25	24	33	27	37	49	46	34.8
離地瞬間時	8. 脚 の 角 度	57	60	60	61	57	60	64	62	60.0
	9. 両 大 腿 開 脚 の 角 度	99	96	93	82	87	82	82	80	87.6
	10. 振 り あ げ 脚 の 膝 の 角 度	83	99	89	94	108	95	104	109	97.6

すなわち、次のような10項目の角度である。

1. 上体の前傾角度
2. 身体の前傾角度
3. 大腿の引き上げ角度
4. 両大腿の最大開脚角度
5. 接地瞬間時における脚の角度
6. 接地瞬間時における反対脚の膝の角度
7. 接地瞬間時における両大腿開脚角度
8. 離地瞬間時における脚の角度
9. 離地瞬間時における両大腿開脚角度
10. 離地瞬間時における振りあげ脚の膝の角度

上体の前傾角度と身体の前傾角度については、かなりの個人差があるもののグループ間には特に差はみられなかった。短距離走の場合には、身体の前傾角度に能力差によってかなりの差がみられるが、中距離走においてはそれほど変化がないものと考えられる。大腿の引きあげ角度、いわゆるもも上げ角度であるが、Aグループは30～33度ととっても小さく、B、C、Dグループでは走能力が劣るほど大きくなっている。もも上げ角度を大転子点を通る水平な線とのなす角度として計測しているので角度が小さいほど、ももが良く引き上げられていることになる。

したがって、走能力のすぐれた走者の方が良くももを引き上げて走っている走法であることがわかる。

両大腿の最大開脚角度は、ランニング中の両脚の前後開脚が最も大きい時の角度を計測したものであり、Aグループはもっとも大きく、走能力の劣る走者ほど小さくなっていた。走能力のすぐれた走者ほど両脚をよく開いたモーションの大きい走法をしているといえる。

接地の瞬間時についてみると接地脚の地面とのなす角度には、グループ間の差はみられないが反対脚の膝の曲げ角度では、A・Bグループが小さくなっており、反対脚の膝を深く曲げて踵を臀部により近づけているのに対して、C・Dグループでは膝の曲げが少なくなっていた。また、その時の両脚の開脚角度をみると特にDグループの走者は角度が大きくなっており、反対脚の引きつけが遅れていることがわかる。

離地の瞬間時における角度についてみると、キック脚の前傾角度についてはグループ間には特に差は見られなかった。しかし、離地瞬間時での両大腿の開きは走能力のすぐれた走者ほど大きくなっており、また、その時の反対脚（振り上げ脚）の膝の曲げ角度もA・Bグループでは小さく、良く膝を曲げて前方へ大きく振り出しているのに対して、C・Dグループでは離地瞬間時の振り上げ脚の膝が伸びていることがわかる。

これらのことから走能力の高い走者では、両脚を大きく開いて走っており、接地時に反対脚の膝を深く曲げてす早く踵を引きつけている。また、離地の瞬間においては両脚を大きく開き反対脚の膝を曲げて、ももを高く引き上げていることがわかった。

このことは、Aグループのように走能力の高い走者ほど大きなモーションによって歩幅を大きくし、スピードの出る走法をしていることを意味している。

(4) 脚の運動の軌跡からみたフォーム

フィルム分析から各走者の1周期における脚の動作をとらえた。その事例を示すと図-3のようになる。

ランニングの脚の動作からフォームを考察する方法として、足先、膝、下肢の重心などの軌跡をとらえることがなされている⁷⁾。そこで、これらの脚の動作について大転子点を中心とした膝、足首の軌跡をとらえて考察を加えることにした。図-4は、被験者8名の脚の動作の軌跡を示したものである。

また、この軌跡図に表われた膝と足先の水平変位と垂直変位を計測しDグループの値を100とした時の指数で表わしたものが表-6である。

走能力の高いグループでは、足先、膝の動きの水平変位・垂直変位がともに大きく、走能力の低いグループほどその値は小さくなっている。すなわち、走能力の高い走者では脚の動作が大きく、しかも、脚の屈伸を使っているので垂直変位が大きい走法となっている。走能力の比較的低いC・Dグループでは、脚の屈伸が少なく振幅の小さい振動動作となっていることがわかる。特にAグループの走者は、回

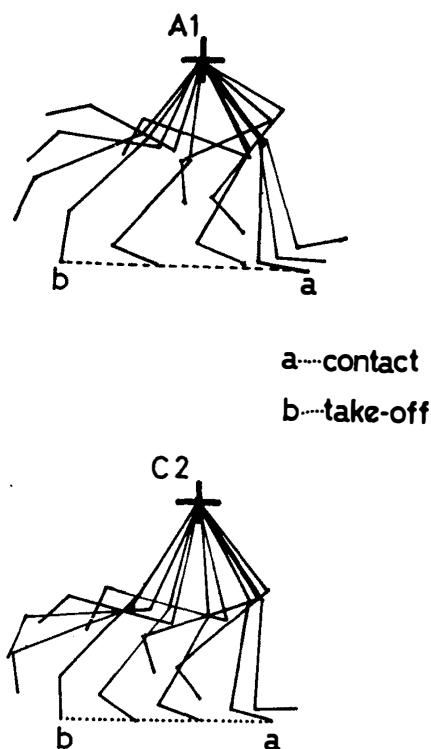


Fig-3 フィルム分析から得られた脚の動作の事例

Table 6. 脚の動作の分析結果 — 足先と膝の動きの水平変位と垂直変位 —

グループ	被検者	足 先 の 動 き						膝 の 動 き					
		水 平 変 位			垂 直 変 位			水 平 変 位			垂 直 変 位		
		cm	平均	%	cm	平均	%	cm	平均	%	cm	平均	%
A	A 1	7.5	7.5 (117.2)		3.5	3.75(117.2)		3.5	3.45(115.0)		1.1	1.05(123.5)	
	A 2	7.5			4.0			3.4			1.0		
B	B 1	7.8	7.65(119.5)		3.8	3.75(117.2)		3.3	3.3 (110.0)		1.0	1.0 (117.6)	
	B 2	7.5			3.7			3.3			1.0		
C	C 1	7.5	7.25(113.3)		3.0	3.0 (93.7)		3.3	3.1 (103.3)		0.8	0.75(88.2)	
	C 2	7.0			3.0			2.9			0.7		
D	D 1	6.2	6.4 (100.0)		3.1	3.2 (100.0)		2.8	3.0 (100.0)		0.8	0.85(100.0)	
	D 2	6.6			3.3			3.1			0.9		

復局面の終りで膝を前上方へ引き上げた時の足先と膝との位置が高くなっている。これはももを高く引き上げていることを意味している。また、その位置から接地までの距離(図

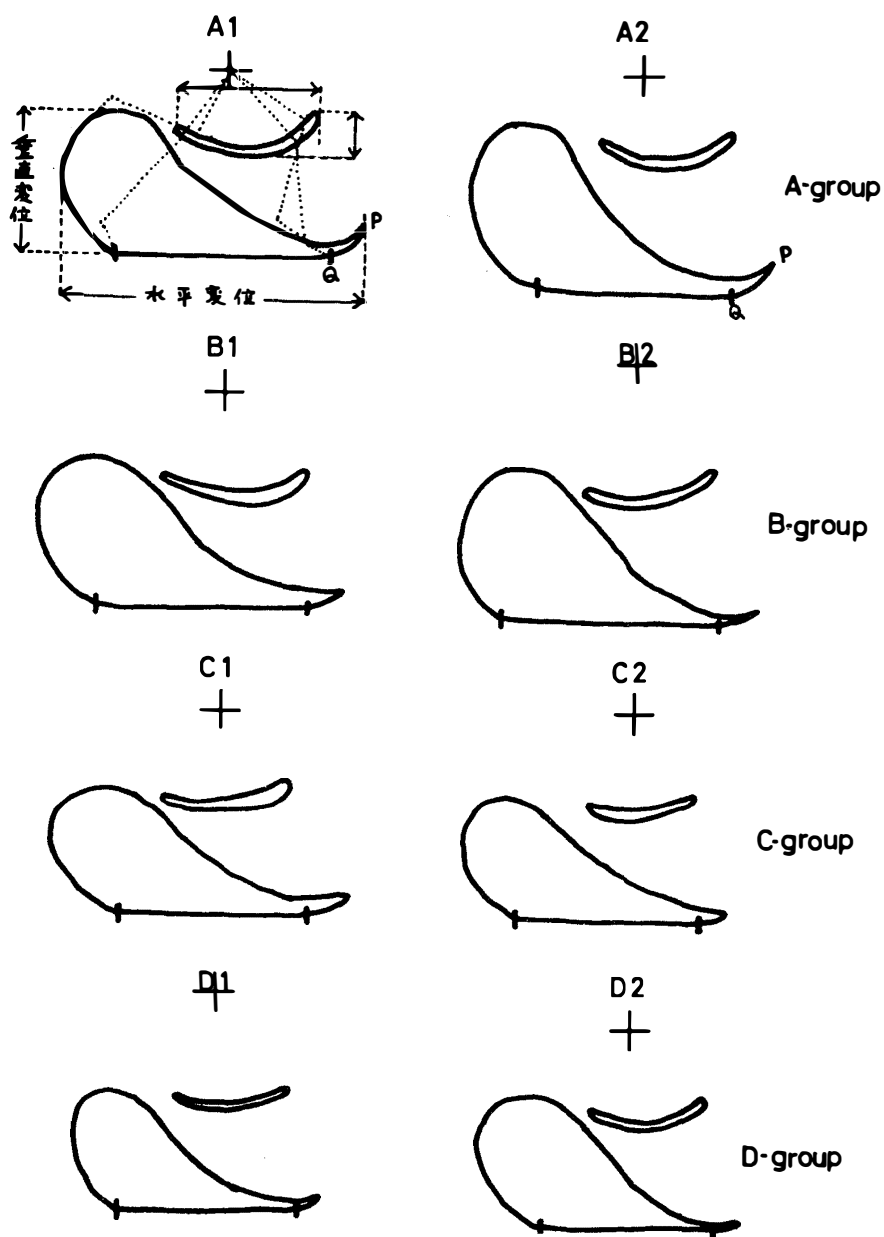


Fig. 4 1500M走における脚の動作の比較 — 足先と膝の軌跡 —

— 4, P～Qまで)が長くなっていることがわかる。これらの結果から走能力の高い走者ほど脚を良く屈伸させて大きな動作をしており、特にももを良く引き上げて、より高い位置から後方へ振りもどしていることがわかる。このような動きは、ランニングにおける脚全体の運動を効率の良い回転運動にしていることであり、ストライドやスピードを大きくするのに有利なフォームであることがわかる。

Ⅵ ま と め

走能力の異なる女子中距離選手6名とスケート部員2名を被検者として、実験的に1500M全力走を行わせ、走能力の違いによる中距離走のフォームの違いを考察した結果次のような知見が得られた。

- (1) 1500M走行中の平均ピッチ(1秒あたりの歩数)は、未経験者のDグループ2名を除く他の6名の走者間には、走能力の差があるのにもかかわらず歩数には殆んど差がみられなかった。
- (2) 1500M走行中の平均ストライドは走能力の高い走者ほど大きく、Aグループでは身長76~78%ぐらいの歩幅であるが、走能力の低い走者ほどパーセンテージが小さくなり、Dグループでは身長63~64%ぐらいしかなかった。
- (3) 走能力の高い走者ほど歩幅の大きい走法をしており、1500M走の走能力差による速度の差は、ピッチでなく歩幅の違いによって生じていることがわかった。
- (4) 1500M走におけるスタートからゴールまでの全歩数は、Aグループでは1200歩台、Bでは1200~1300歩台、Cでは1400歩台、Dでは1500~1600歩台と、走能力が低い走者ほど多くなっていた。したがって、走能力の低い走者ほど垂直方向の仕事量が多く、無駄なエネルギー消費による効率の悪い走法をしている。
- (5) 走能力の高い走者ほど大腿を引き上げて膝をよく曲げて両大腿脚を大きく開いて走っており、走能力の低い走者よりもモーションの大きい走法をしている。
- (6) 脚の動作を膝と足先の軌跡でとらえてみると、走能力の高い走者ほど足先、膝の水平変位、垂直変位が大きくなっており、膝の屈曲とももの引き上げが大きい。しかも全体の振幅の大きい走法をしている。

この研究にあたり、実験を直接指導下さった宮丸凱史助教授に深く感謝を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 猪飼道夫 他編：体育学事典，第1法規，1970
- (2) 三浦，松井，星川，宮下，小林，袖山：走運動における身体資源と運動成果の関係について：体育の科学，No.2，1971
- (3) M. MIURA, H. SODEYAMA: "Experimental Studies on Biomechanics in Long Distance Running." First International Symposium on Problems of Biomechanics in Track and Field. 1973
- (4) 金原 勇：種目別現代トレーニング法，P. 44，大修館，1968
- (5) D. E. Deshon, R. C. Nelson: "A Cinematographical Analysis of Sprint Running." Research Quarterly. Vol. 35, No.4, 1964
- (6) 斎藤，星川，宮下，松井：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，Vol. 16, No.5, 1972

- (7) 金原, 渋谷, 三浦, 小松: 短距離疾走フォームの実験的研究, 東京教育大学, スポーツ研究所報 No. 5, 1967