

一過性のドリルによるスプリントパフォーマンスの変容

山崎 健 (新潟大学教育人間科学部)

斎藤麻里子 (新潟大学教育人間科学部附属新潟中学校)

I はじめに

選手のスプリントパフォーマンスが、微妙に変化していることは日常的に経験することである。50m 走の反復練習をしていても、タイムや疾走感覚はその都度異なる。

1991 年、東京での世界陸上競技選手権、男子 100m 決勝では、90m まではバレルがリードしていたが、ルイスは最後の 10m 区間でストライドを維持しながらもピッチを高めてスピードアップし、バレルは最大ストライドとなっているもののピッチが低下してルイスに逆転されたと報告されている¹⁾。

また、同大会 110mH の分析で、日本の岩崎は、ハードリングタイム自体は 0.34 秒と優勝したフォスターと同等であるが、インターバルタイムは 0.72 秒で、フォスターの 0.68 秒に遅れており、そのタイム差が、平均ピッチ 4.98 歩/秒対 5.35 歩/秒というピッチの差であることが報告されている⁶⁾。

スプリントハードル競技ではインターバル 4 歩分のストライドは一定であることから、いわば「オーバーストライド」によるピッチ低下状態がタイム差を決定していると考えられる。その意味で、スプリント競技にあっては、その状況に合致した最適ストライドとハイピッチを、いかにして習得し、維持、発現して行くのかが重要といえる。

山崎と石山は¹⁰⁾、小学生に 4 週間のスプリントドリルを実施させ、40m 走のタイム向上が、主としてストライドの短縮とピッチの向上によって決定されることを報告した。また、トレーニング前にはスピードとピッチにのみ相関がみられたものが、トレーニング後はストライドとの有意な相関もみられ、ストライドとピッチのコントロールが改善された可能性を指摘した。

本研究では、このストライドとピッチの改善にかかわって、大学生陸上競技選手に、2 種類の一過性のスプリントドリルを行わせ、その前後のストライド、ピッチ、スピード及び疾走動作の変容を分析することにより、そのメカニズムの一端を検討しようとするものである。

II 方 法

1. 被験者

被験者は、新潟大学陸上競技部に所属する短距離選手 3 名（被験者 A、B、C：10 秒 69 ～10 秒 91）と長距離選手 3 名（被験者 D、E、F）である。

2. トレーニングドリルの内容

トレーニングドリルは、塩ビ製の高さ 15cm のミニハードルを用い、ハードル走と同様のインターバル 4 歩一組のものを 4 歩ドリル、通常行われている 1 歩毎のものを 1 歩ドリルとし、4 歩ドリル前後と 1 歩ドリル前後の測定はそれぞれ別の日に実施した。

(1) 4 歩ドリル

ミニハードルを等間隔で 5 台並べ、ハードル走と同様に 4 歩で全速疾走を行う。インターバルは、6m、6.5m、7m、7.5m、8m、8.5m の 6 コースであり、被験者は全てのコースを 1、2 本走った後、最もスピードが出ていると感じたコースを 5～8 本全速で疾走した。

(2) 1 歩ドリル

4歩ドリル同様のミニハードルを1歩毎の等間隔で10台並べ、もも上げ走の感覚で走る。間隔は、0.75m、1m、1.2m、1.5mの4コースを設置し、被験者は、全てのコースを3～5本ずつ疾走した。

(3)測定方法

1回の測定時に、被験者は、それぞれのトレーニングドリル前後に50m全力疾走を1回実施した。ドリル前の測定は、ミニハードルを用いない各自のウォーミングアップやストレッチを十分行った後に行った。その後、どちらかの種類のトレーニングドリルをおこない、疲労感を感じていない状態で2回目の測定を行った。

3. 画像撮影

撮影は、動作分析用に25～35m区間に1台のビデオカメラを、ピッチ算出用に全区間を対象に一台のビデオカメラを用いた。ストライドは、疾走時の足跡を直接測定した。

撮影されたビデオ画像に、60分の1秒のタイミングマーカを挿入し、パーソナルコンピュータと自作の動作分析用プログラムを用いて必要な身体各部の座標を取り込んだ。

4. 測定項目

ストライドは実測値を用い、ピッチは撮影された画像から求め、スピードは両者の積として算出し、速度の一定となる20m以降の12歩についてその平均を求め、平均値の差の検定を行なった。

疾走動作に関しては、ランニング動作2サイクル(4歩分)について、マークを貼付した身体各部14のポイントを取り込んだ。部位は、耳珠点、両側の肩峰・肘関節・手根関節・膝関節・足関節・足先、撮影側の大転子もしくはその相当部位である。

そして、①膝関節角度、②股関節角度(体幹の延長線と大腿のなす角度)、③もも上げ角度(鉛直線からの大腿角度)、④膝関節のひきつけ角度の各関節角度、⑤膝関節伸展速度、⑥股関節伸展速度、⑦もも上げ速度、⑧脚全体の後方スイング速度の各関節角速度を求め、平均値の差の検定をおこなった。

III 結 果

1. ドリル前後の50m走タイムの変化

各ドリル前後の50m走タイムの変化を表1に示す。Sub.A・B・Cは短距離選手、Sub.D・E・Fは長距離選手である。

全被験者に対する対応のある平均値の差の検定では、4歩ドリル前後では1%水準で有意差が見られたが、1歩ドリルの前後では有意差は見られなかった。

短距離選手では、4歩ドリル前後で1%水準、1歩ドリル前後で5%水準の有意な短縮が見られ、長距離選手では、4歩ドリルでは5%水準で有意な短縮が見られたが、1歩ドリルでは差は見られなかった。

表1 4歩ドリルおよび1歩ドリル前後の50mタイム(sec.)の変化

	前	4歩ドリル後(差)	前	1歩ドリル後(差)
Sub. A	6.38	6.23 (- 0.15)	6.48	6.36 (- 0.12)
Sub. B	6.43	6.26 (- 0.17)	6.31	6.27 (- 0.04)
Sub. C	6.21	6.00 (- 0.21)	6.29	6.18 (- 0.11)
Sub. D	7.51	7.47 (- 0.04)	7.42	7.38 (- 0.04)
Sub. E	7.34	7.21 (- 0.13)	7.12	7.16 (+ 0.04)
Sub. F	7.11	6.99 (- 0.12)	7.18	7.27 (+ 0.09)

2. ドリル前後のピッチ、ストライドとスピードの変化

20m以降の全速疾走区間 12 歩分の、各ドリル前後のピッチ(歩数/秒)、ストライド(m)、スピード (m/秒) の平均を表 2、表 3 に示す。

4 歩ドリルでは、短距離選手群全員に有意なピッチの向上がみられ、A はストライドも伸びたため全員のスピードが有意に向上している。これに対して、長距離選手 D、E は、ピッチは向上したもののストライドも有意に短縮したためスピードの向上はみられていない。

1 歩ドリルでは、短距離選手 A に有意なピッチの向上、C にストライドの短縮、長距離選手 E、F にストライドの有意な短縮がみられたもののそれ以外の有意な変化はみられなかった。

山崎と石山¹⁰⁾の小学生を対象とした 4 週間のトレーニングの結果では、スピードが有意に増加した者は、ピッチが増加しストライドがあまり変化せずタイムが向上していたが、ピッチが増加したがストライドの短縮が大きかった者はタイムに有意な短縮は見られなかったことを報告している。

表 2 4 歩ドリル前後のピッチとストライドとスピードの変化

ピッチ (歩/sec.) ストライド (m) スピード (m/sec.)

ピッチ	前	後	ストライド	前	後	スピード	前	後
Sub. A	4.24	4.52**	2.12	2.20***	8.98	9.97**		
Sub. B	4.35	4.89**	1.99	1.95	8.62	9.50**		
Sub. C	4.20	4.70**	2.17	2.15	9.09	10.10**		
Sub. D	4.31	4.64**	1.83	1.68***	7.90	7.80		
Sub. E	4.02	4.31**	1.88	1.82***	7.57	7.86		
Sub. F	3.84	3.97	1.96	1.93	7.54	7.67		

(*** $\alpha < 0.001$ ** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

表 3 1 歩ドリル前後のピッチとストライドとスピードの変化

ピッチ	前	後	ストライド	前	後	スピード	前	後
Sub. A	4.17	4.40*	2.09	2.09	8.71	9.21		
Sub. B	4.46	4.64	1.98	1.94	8.83	8.99		
Sub. C	4.40	4.58	2.16	2.10*	9.49	9.61		
Sub. D	4.53	4.46	1.78	1.81	8.07	8.06		
Sub. E	4.24	4.31	1.97	1.93**	8.37	8.00		
Sub. F	4.22	4.15	1.96	1.91*	8.27	7.93		

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

20m以降の全速疾走区間 12 歩分の、各ドリル前後の疾走スピードとピッチ、ストライドとの相関係数を表 4、表 5 に示す。

4 歩ドリルでは、短距離選手は全員にスピードとピッチに高い相関がみられ、ドリル後もスピードとストライドに有意差がみられている。しかし、長距離選手は、一定の傾向がみられていない。

1 歩ドリルも同様に、スピードとピッチに高い相関が見られているが、スピードとストライドの相関係数が 4 歩ドリル実施前とは異なっており、またドリル前後にも一定の傾向はみられていない。

両ドリル実施前の 50m 走のタイムには有意差がみられないが、1 歩ドリル実施前のスピードとピッチの相関係数が 4 歩ドリル実施前よりも高いことから、日常的にスプリントト

レーニングを行っている短距離選手であっても、微妙にパフォーマンスの調整をしていることがうかがえる。

ピッチとストライドは、短距離選手 A の 4 歩ドリル後、短距離選手 C の 1 歩ドリル前、長距離選手 D、F の 4 歩ドリル前に有意な相関がみられたが、全体として一定の傾向はみられなかった。

表 4 4 歩ドリル前後の疾走スピードとピッチ、ストライドとの相関

スピード×ピッチ	前	後	×ストライド	前	後	ストライド×ピッチ	前	後
Sub. A	0.92***	0.99***		0.60*	0.78**		0.24	0.70**
Sub. B	0.70*	0.95***		0.39	0.58*		-0.38	0.29
Sub. C	0.77**	0.94***		0.25	0.58*		-0.42	0.07
Sub. D	0.33	0.95***		0.58**	-0.07		-0.58*	-0.38
Sub. E	0.99**	0.41		0.48	0.66*		0.33	-0.41
Sub. F	0.71**	0.96***		-0.28	0.33		-0.87**	0.07

(*** $\alpha < 0.001$ ** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

表 5 1 歩ドリル前後の疾走スピードとピッチ、ストライドとの相関

スピード×ピッチ	前	後	×ストライド	前	後	ストライド×ピッチ	前	後
Sub. A	0.97***	0.96***		0.01	0.59*		-0.24	0.34
Sub. B	0.87***	0.91***		0.44	0.03		-0.05	-0.38
Sub. C	0.83***	0.91***		-0.00	0.18		-0.62*	-0.19
Sub. D	0.94***	0.94**		0.01	0.24		-0.34	-0.12
Sub. E	0.79**	0.49		0.35	0.59*		-0.31	-0.41
Sub. F	0.90***	0.93***		0.52	0.48		0.09	0.12

(*** $\alpha < 0.001$ ** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

3. ドリルの実施による疾走動作の変容

疾走動作の変容については、25～35m区間の 2 サイクル 4 歩分を対象に分析し、各関節角度および各関節伸展（角）速度の平均を求めた。

(1) 関節角度の変容

各ドリル前後の 4 歩分の膝関節角度変化を表 6、表 7 に示す。

接地期中点の膝関節角度は、両ドリル後は増加（伸展）し、ばらつきも少なくなっており、特に 4 歩ドリルは、全員に有意差がみられその傾向が強い。また、離地時の膝関節角度は、ドリルの前後に変化はみられなかった。

また、膝関節角度の接地時から接地期中点（最大屈曲時）までの変化量では、両ドリル後は全てに減少傾向（膝をあまり曲げなくなった）がみられた。

これは、伊藤ら²⁾による、股関節伸展速度を効率的に地面に伝えるルイス選手型（膝関節をあまり動かさない）と北田選手型（各関節の屈曲伸展が大きい割に効率が悪い）との比較に見られた現象と類似した興味ある変化である。

各ドリル前後の股関節角度の接地時、離地時及びその間の変化範囲を表 8、表 9 に示す。

接地時の股関節角度は、4 歩ドリル後は、短距離選手 C 以外の 5 名が有意に減少しており、1 歩ドリル後は減少はしているものの短距離選手 A 以外に有意差は見られない。

離地時の股関節角度は、両ドリル前後には変化が見られず、また膝関節角度もあまり変化がみられていないことから、4 歩ドリル後は身体重心により近い位置（真下）に接地するようになったものと考えられる。

表6 4歩ドリル前後の膝関節角度の変化 (dig)

	接地時：ドリル前 ドリル後		中点：ドリル前 ドリル後		離地時：ドリル前 ドリル後	
Sub. A	164	166	136	151***	161	157
Sub. B	143	146	129	137*	149	151
Sub. C	156	163*	147	156***	158	159
Sub. D	160	162	138	145*	161	168*
Sub. E	157	159	149	159***	163	167
Sub. F	147	154**	137	145***	152	158

(***) $\alpha < 0.001$ ** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$

表7 1歩ドリル前後の膝関節角度の変化 (dig)

	接地時：ドリル前 ドリル後		中点：ドリル前 ドリル後		離地時：ドリル前 ドリル後	
Sub. A	155	150	128	135**	166	163
Sub. B	144	141	126	130	152	151
Sub. C	153	158*	128	142***	151	159
Sub. D	158	158	132	140**	150	159
Sub. E	153	154	143	146	168	166
Sub. F	151	154	132	138**	169	171

(***) $\alpha < 0.001$ ** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$

小林⁵⁾は、トップスプリンターの接地時と離地時の動作範囲について、日本のスプリンターはキックの後方距離が長く脚があまり前に出ないのに対し、ルイスなどは後方距離が短く前方への動きがすばやく大きいことを指摘しているが、この4歩ドリル後の変化との関連はどうであろうか。

表8 4歩ドリル前後の股関節角度の変化 (dig)

	接地時：ドリル前 ドリル後		離地時：ドリル前 ドリル後		変化範囲：ドリル前 ドリル後	
Sub. A	36.1	26.8**	-32.9	-32.9	69.0	59.8
Sub. B	36.8	29.5*	-31.8	-32.4	68.6	61.9
Sub. C	26.3	17.4	-35.1	-35.1	61.7	52.5
Sub. D	34.4	23.7**	-30.1	-30.2	65.3	53.9**
Sub. E	32.4	23.0*	-34.3	-33.7	66.7	56.7
Sub. F	35.4	26.6**	-32.3	-34.0	67.7	60.6*

(**) $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$

表9 1歩ドリル前後の股関節角度の変化 (dig)

	接地時：ドリル前 ドリル後		離地時：ドリル前 ドリル後		変化範囲：ドリル前 ドリル後	
Sub. A	35.5	29.6*	-34.7	-33.3	70.1	62.9
Sub. B	38.7	35.8	-32.8	-31.4	71.4	67.2
Sub. C	29.4	22.8	-39.3	-40.4	68.8	63.1
Sub. D	38.9	32.7	-30.2	-31.6	69.1	64.3
Sub. E	35.0	32.3	-35.3	-35.6	70.3	67.8
Sub. F	31.2	27.9	-33.4	-33.1	64.6	61.0

(*) $\alpha < 0.05$

引き付け角度は、4歩ドリルでは全被験者に、1歩ドリルでは短距離選手 A、C と長距離選手 D に有意な減少が見られ、キック後の下腿のリカバリー動作に変化がみられた。

もも上げ角度は、4歩ドリルでは有意差はみられなかったが、1歩ドリルは長距離選手 D を除いていずれも増大しており、これは 1 歩ドリルの動きが「もも上げ走」に近い動きであることと関連しているためと思われるが、もも上げ速度に対しては逆の結果が出ている点は興味深い。

(2) 関節伸展速度の変容

各ドリル前後の膝関節伸展速度と股関節伸展速度の変化 (dig/sec) を表 10、表 11 に示す。

膝関節角度と同様に、膝関節角速度も短距離選手に減少傾向がみられたが、1歩ドリル時の長距離選手はほとんど変化がみられなかった。

表 10 4 歩ドリル前後の膝関節伸展速度と股関節伸展速度 (dig/sec)

膝関節伸展速度	前	後	股関節伸展速度	前	後
Sub. A	657	582*	712	808	
Sub. B	680	627	666	767	
Sub. C	698	565	754	822	
Sub. D	327	310	409	452	
Sub. E	421	323	501	556	
Sub. F	481	396	514	581	

(* $\alpha < 0.05$)

表 11 1 歩ドリル前後の膝関節伸展速度と股関節伸展速度 (dig/sec)

膝関節伸展速度	前	後	股関節伸展速度	前	後
Sub. A	630	537*	714	764	
Sub. B	679	629	679	708	
Sub. C	707	618	758	789	
Sub. D	319	272	395	399	
Sub. E	433	427	493	498	
Sub. F	500	513	504	515	

(* $\alpha < 0.05$)

もも上げ速度と脚全体の後方スウィング速度の変化 (dig/sec) を表 12、表 13 に示す。

4歩ドリルのもも上げ速度は、短距離選手全員に増加傾向がみられたが有意差はみられなかった。後方スウィング速度は全員が増加傾向にあり、短距離選手 A と長距離選手 F は有意に増加していた。これに対して、1歩ドリルでは、いずれも増加傾向はみられなかった。

もも上げ角度は、1歩ドリルでは増加したが、もも上げ(角)速度は増加していない。一方、4歩ドリルでは、もも上げ速度は、有意差はないものの増加している。

後方スウィング速度は、スピードとの相関が高い項目であるが、4歩ドリルでは増加傾向がみられたが、1歩ドリルでは増加していない。

表 12 4 歩ドリル前後のもも上げ速度と脚全体の後方スウィング速度 (dig/sec)

もも上げ速度	前	後	後方スウィング速度	前	後
Sub. A	755	876		729	809*
Sub. B	751	843		703	823
Sub. C	746	857		762	827
Sub. D	439	505		397	454
Sub. E	482	556		492	581
Sub. F	528	592		486	588*

(* $\alpha < 0.05$)

表 13 1 歩ドリル前後のもも上げ速度と脚全体の後方スウィング速度 (dig/sec)

もも上げ速度	前	後	後方スウィング速度	前	後
Sub. A	757	781		729	741
Sub. B	796	785		710	712
Sub. C	753	780		745	760
Sub. D	415	456		409	407
Sub. E	485	480		498	507
Sub. F	513	496		477	463

(いずれも有意差なし)

IV 考察

1. パフォーマンスの変容

4 歩ドリルと 1 歩ドリルで、ドリルの実施前後に有意差のみられた項目を表 14 に示す。「2/3」は、3 名中 2 名に有意差のみられたもの、「増加（減少）傾向」は 5%水準での有意差はみられなかったもののある程度の統計的差異がみられたことを示す。

ピッチ、ストライドとスピードとの関係では、短距離選手 3 名の 4 歩ドリル実施時が最も変化が大きく、このことが 50m 走のタイム短縮と関連しているものと思われる。

1 歩ドリル実施時では、もも上げ角度が増加しており、これは 1 歩ドリルが「もも上げ走」に近い動きであることとの関連も考えられる。しかし、興味深いことに、もも上げ角度は増加したにもかかわらず、もも上げ速度は増加していない。一方、4 歩ドリルでは、もも上げ速度は、有意差はないものの逆に増加している。

このことは、関節角度（フォーム）と関節角速度とが異なるロジックで実行されていることを意味しているのではないだろうか。

川人⁴⁾は、随意運動の計算論について、運動野のニューロン活動は「力」に関係しており、「関節角度」ではなく「関節トルク」が運動司令の実体であることを指摘している。

つまり、我々の運動司令は「型」ではなく「動き」に深く関連しているものと考えられ、初期的指導段階で「○×のように△□する」という「比喩的表現」が有効であることとの関連も否定はできない。

表 14 4 歩ドリルと 1 歩ドリルの実施に伴う変化

	ピッチ×ストライド	関節角度	関節伸展速度
4 歩ドリル (短)	50m 走のタイム向上 ピッチの増加 スピードの向上 ストライドとスピード の相関増加	膝関節角度減少 股関節角度減少:2/3	膝関節伸展速度の減少 傾向 (有意差なし) 後方スウィング速度の 増加傾向 (有意差なし)
4 歩ドリル (長)	50m 走のタイム向上 ピッチの向上 ストライドの短縮:2/3	膝関節角度減少:2/3 股関節角度減少	膝関節伸展速度の減少 傾向 (有意差なし) 後方スウィング速度の 増加傾向 (有意差なし)
1 歩ドリル (短)	50m 走のタイム向上	膝関節角度減少:2/3 もも上げ角度増加	膝関節伸展速度の減少 傾向 (有意差なし) 後方スウィング速度の 増加傾向 (有意差なし)
1 歩ドリル (長)	ストライドの短縮:2/3	膝関節角度減少:2/3 もも上げ角度増加:2/3	

2. ドリル実施前後の変化とドリルの差異

関節伸展 (角) 速度では、統計的に有意な差はみられなかったが、短距離選手では両ドリルで、いずれも膝関節伸展速度の減少と後方スウィング速度の増加がみられた。しかし、長距離選手では 4 歩ドリルのみにその傾向がみられた。

本研究での 4 歩ドリルは、インターバルを各自に最適な区間に設定し、そこを全速で走ろうとする課題であり、必然的に「最適ストライドの維持とハイピッチ」というスプリントランニングの基本的ドリルを反復実施することとなる。

最適ストライドよりも長いインターバルでは、いわゆる「オーバーストライド状態」となり、重心より前方に接地してブレーキをかけ、ヒンジモーメント効果により「跳躍状態」を生み出してストライドを伸ばすが、当然ピッチは低下する。短いインターバルでは、ピッチは向上するものの、ストライドの短縮により結果として疾走スピードは低下する。

短距離選手群は、いずれも 10 秒台で走る選手であり、日常的にスプリントトレーニングを行っており、この基本的スキルを感覚的に経験している。それぞれ別期日に行った両ドリル実施前の 50m 走のタイムには有意差がないものの、ストライド、ピッチとスピードの相関係数は異なっていた。おそらく、短距離選手は、日常的なトレーニングの反復により、その日の身体条件に合わせた「最適ストライドとピッチ」を無意識のうちに選択する可能性 (最適値制御システム) を獲得しており、ドリルの反復実施により、その状態に合致したスプリントパフォーマンスに改善している可能性が考えられる。

短距離選手は、1 歩ドリルであってもある程度の改善は可能であったが、日常的にスプリントトレーニングを行っていない長距離選手では、そのシステムが十分には獲得されておらず、4 歩ドリルでのみ改善がみられたものとも考えられる。

川人⁴⁾ は、制御アルゴリズムと神経回路の階層システムについて、①最初に小脳傍虫部に「運動系ダイナミクスの内部モデル」が形成され、②それに遅れて小脳外側部にフィードバックを受けない「運動系の逆システムの内部モデル」が形成され、③その際に「ダイナミクスの内部モデル」が良質の制御信号となり学習を安定化させることを指摘している。

知能システム研究会⁷⁾ は、運動学習のアルゴリズムを「一回一回の試行の結果その評価値が大きくなるよう運動パターン、制御機構をかえること」とし、①パラメータをランダム

に選ぶ大域的探索と、②「山登り法」による極大値を探す局地的最適化。これにより得られた評価値が必ずしも最大値とはいえない、との2つの方法を示している。

このことから、トレーニングを積んだ短距離選手は、ドリルを実施しながら、微妙に変化する自己の身体の動特性（質量、慣性モーメント、出力特性等で決定される）を「最適ストライドの維持とハイピッチスプリント」という内部モデルと対応させながら「評価値」を上げ、「逆システムの内部モデル」を修正、完成させて、ドリル後のトライアルでより高いパフォーマンスを発揮したものと考えられる。

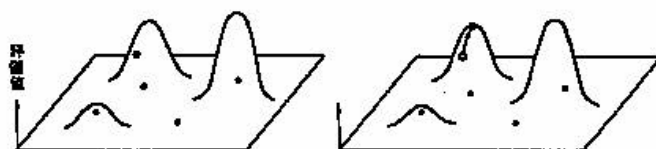


図1 大域的探索：左と「山登り法」による局地的最適化：右
(知能システム研究会「BASIC で作る脳の情報システム」より)

山崎⁸⁾は、運動習熟にかかわる「ダイナミックステレオタイプのマトリクスモデル」の仮説を示し、対応幅のない「ステレオタイプ」に比較して、「ダイナミックステレオタイプ」では、プロタイプ内で最適な動作パターンを選択一発現が行なわれている可能性を指摘した。また、技術改善にかかわって、このメカニズムが、伊藤³⁾や川人⁴⁾のいう小脳の「逆動特性学習」のメカニズムと関連しているのではないかと指摘もおこなっている⁹⁾。

〔刺激〕→〔a〕→〔b〕→〔c〕→〔d〕→〔結果〕

〔刺激〕→ $\begin{bmatrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ \vdots \\ aN \end{bmatrix}$ → $\begin{bmatrix} b1 \\ b2 \\ b3 \\ \vdots \\ bN \end{bmatrix}$ → $\begin{bmatrix} c1 \\ c2 \\ c3 \\ \vdots \\ cN \end{bmatrix}$ → $\begin{bmatrix} d1 \\ d2 \\ d3 \\ \vdots \\ dN \end{bmatrix}$ →〔結果〕

図2 ステレオタイプ：上とダイナミックステレオタイプのマトリクスモデル：下

V まとめ

大学生の短距離選手と長距離選手各3名に、2種類のミニハードルを用いたドリルを実施し、その前後のスプリントパフォーマンスの変容を検討して以下の結論を得た。

- ① 複数のインターバルを設定し、ハードル走のように4歩単位で超えてゆく「4歩ドリル」の実施では、短距離選手、長距離選手とも50m走のタイムが向上した。
- ② 1歩ごとに超えて行く「1歩ドリル」の実施では、短距離選手のみに50m走のタイム向上がみられた。
- ③ 20m以降12歩分のピッチ、ストライド、スピードを分析すると、短距離選手の4歩ドリル実施で、ピッチと疾走スピードの向上がみられた。これに対して、長距離選手では、4歩ドリルでピッチの向上がみられたが、ストライドは両ドリルとも短縮した。
- ④ いずれのドリルでも「膝関節角度」は減少し、長距離選手の1歩ドリル以外は「膝関節

伸展速度」も減少した。これは、股関節伸展速度や脚全体の後方スウィング速度を、効率的に疾走スピードに変換することに対応した変化とも考えられる。

- ⑤ また、4 歩ドリルでは「股関節角度」も減少し、体幹の延長線上に近い位置に接地し、ブレーキの少ないキック動作に対応している可能性も考えられる。
- ⑥ 4 歩ドリルの実施は、スプリントパフォーマンスの改善に有効なドリルと考えられ、その背景には「最適ストライドの維持とハイピッチスプリント」という課題に対する「最適値制御システム」の存在が考えられる。
- ⑦ 短距離選手は、日常的にスプリントトレーニングを行っていることから、この「最適値制御システム」をある程度獲得しており両ドリルで変容をみせたが、システム獲得が不十分な長距離選手では 4 歩ドリルでのみ変容がみられたものと考えられる。

短距離選手のスプリントパフォーマンスが微妙に異なることは日常的に経験する。おそらくは、その日のコンディションに「最適ではないスプリントスキル」となっており、懸命に修正を行おうとして「何かシッカリしない(?)」感覚を抱いているものと思われる。本研究での「4 歩ドリル」は、この修正に大変に有効と考えられ、現在、走幅跳の助走一踏切動作改善への貢献についてのデータ¹¹⁾も得られている。

【参考文献】

- 1)阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田秀孝・平野敬靖、世界一流スプリンターの 100m レースパターンの分析、世界一流陸上競技社の技術、ベースボールマガジン社、1994 年、pp.14-28
- 2)伊藤章、斉藤昌久、佐川和則、加藤謙一、森田正利、小木曾一之、世界一流スプリンターの技術分析、世界一流陸上競技社の技術、ベースボールマガジン社、1994 年、pp.31-49
- 3)伊藤正男、熟練の脳内メカニズム、体力科学、Vol.41(1)、1992 年、pp.1-7
- 4)川人光男、運動軌道の形成、伊藤・佐伯編「認識し行動する脳」、東大出版会、1988 年、p150-181
- 5)小林寛道、走のキネマティクス、走る科学、大修館書店、1990 年、pp.32-65
- 6)森田正利、伊藤章、沼澤秀雄、小木曾一之、安井年文、スプリントハードル (110mH・100mH) および男女 400mH のレース分析、世界一流陸上競技社の技術、ベースボールマガジン社、1994 年、pp.66-87
- 7)知能システム研究会、BASIC で作る脳の情報システム、啓学出版、1987 年、pp.121-143
- 8)山崎健、スポーツの認識と習熟、伊藤・上野・出原編「スポーツの自由と現代(下)」、青木書店、1986 年、pp.299-313
- 9)山崎健、ランニングスキルの改善と歩数計測の意義、ランニング学研究 Vol.4、1993 年、pp.14-19
- 10) 山崎健、石山和人、トレーニングによる小学生の疾走動作の変容、陸上競技紀要 Vol.10、pp.44-51
- 11) 山崎健、走幅跳のトレーニング効果、久保・山崎・江島編、走・跳・投の遊び／陸上運動の指導と学習カード、小学館、1997 年、pp.120