

100m パフォーマンスの科学データ利用モデルと発達過程に関する研究

谷川 聡 (筑波大学)

目 次

要約・・・1

1. 緒言・・・2

2. 方法・・・3

3. 結果・・・5

4. 考察・・・12

5. まとめ・・・18

6. 現場への示唆と今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・19

参考文献・・・21

谷川 聡 宮代賢治 阿江通良 白木 仁 西嶋尚彦 尾縣 貢

要約

本研究では、100m パフォーマンス向上のために、選手の発達過程に着目してデータの分析をおこなった。男女 100m レースパターンの分析をおよそ 500 レースおこない、男子ではオリンピック選手を含む国内トップレベルの 10 秒 0 台から 11 秒 1 台までのレースを比較検討し、レースパターンと個人の記録変動を検討した。また、このうち 7 名を対象にして、縦断的にレースの分析をおこない発達過程を検討した。また、競技レベルとジャンプテストとの関係を明らかにするために、ジャンプテストと最大疾走速度との関係を検討した。また、女子では福島千里選手による日本記録達成のレースを分析し、発達過程を検討した。

その結果、男子 10 秒 3 台から 11 秒 0 台の選手($n=95$)では、記録と平均ストライドには相関関係($r=-0.35, p<0.01$)があるものの平均ピッチにはみられなかった($r=-0.16, N.S.$)。記録と身長比のストライドでは、より強い相関関係($r=-0.41, p<0.001$)が見られることから、身長に対し適正なストライドを獲得しながら、高いピッチで脚を動かせることが重要であることがこれまでの報告と同様に示された。日本一流選手でも身長比からすると 1.21~1.23 であり、世界一流選手が 1.28 前後であり、最大速度時でそれぞれ 1.31, 1.35 と日本人はストライドが小さかった。

個人内での記録の動向を観察すると、30m の通過タイムが大きく記録を左右することが示されており、30m~60m までの記録の方が 30m のタイムよりも相関関係が強いことから、30m でいかに楽に早く通過し、中間疾走で高いスピードを獲得できるかが重要になると考えられた。またストライドの大きさとピッチの高さがそれぞれ選手にとって重要になることが示され、さらに個人内の滞空比がレースの出来不出来を決定する要因であると推察された。ピッチの中でも接地時間と滞空時間のバランスを個人内の範囲を把握しておく必要があることが示された。形態面で世界トップスプリンターのようなストライド型で後半型のレースは難しいと考えられるため、日本人選手はスタートから爆発的に速度を高めるトレーニングを進めていく必要がある。そのためには、最大疾走速度を高めるために、力-速度関係を考慮してトレーニングしていくことが重要で、その選手がストライドもしくはピッチ型であるか、滞空比がどうなっているかを把握しておくことがトレーニングをおこなう上での視点となる可能性が示された。

また、最大疾走速度とコントロールテストの個人内変動を観察すると、10 秒 8 台以下のレベルの選手においてはジャンプテストが良いときほど 100m の記録が良い傾向にあったが、10 秒 8 台以上の選手においては、関係性が低くなることが示された。一方、女子のトップ選手も 10 秒 8 台以下のレベルの選手と同様にジャンプテストが良いときほど 100m の記録が良い傾向にあった。絶対的な筋力の向上と高いピッチを獲得することが女子選手には必要であり、11 秒 12 の日本記録を達成した福島選手は、筋力アップをおこないながら、レースではピッチを高めることで日本記録を達成していることが明らかになった。

本研究では、トレーニングの現場と研究現場を共有しながら、競技パフォーマンスと関連付けをしながらトレーニング動向を把握した。本研究の結果から、日本人が世界大会でのファイナリストになるためには、より科学的データの蓄積から、専門的なトレーニングを再構築することが必要であると考えられる。また、本研究のように日本代表選手を今後とも追跡調査することで、より明確に選手の発達モデルを構築できると考えられる。本研究は、スポーツ界の競技力向上のための従来型の科学的データの評価の仕方を見直し、高度競技レベルの研究の必要性を示したことで、新規型でコーチ教育をしながら、科学的データの利用方法を再検討すべきであることを示唆するものである。

代表者所属：筑波大学大学院人間総合科学研究科

共同研究者所属：筑波大学大学院人間総合科学研究科

1. 緒言

男子 100m の世界記録の変遷は、その時代時代における人類の発揮した最大値を示すものであると考えられる。1912 年に 10 秒 6 であった世界記録は、1960 年に白人のハリー選手に 10 秒 0 にまで短縮され、当時人間の速さの限界であるといわれてきた。しかし、1968 年にアメリカの黒人選手によって 9 秒 9 が記録、1977 年に電気掲示の時代になってキューバのレオナルドによって始めて 9 秒 98 が記録され、2010 年にはフランスの白人ルメール選手が 9 秒台に突入した。一方、日本人は 1980 年代に 10 秒 3 台、1996 年に朝原選手によって 10 秒 0 台、1998 年バンコクアジア大会にて伊東選手が 10 秒 00 を記録して以来 10 年以上、記録の向上は停滞し世界的なトップスプリンターといわれる 9 秒台を記録した選手はいない。

しかし、1991 年の東京世界陸上における世界一流選手のスプリント動作の科学的分析が日本人選手のトレーニングの転換期になり、10 秒 0 台から 3 台の選手の数では世界でアメリカに次ぐほどの数になっており、その甲斐もあってか、2008 年の北京オリンピックでは、陸上競技トラックで 80 年ぶりに男子 4×100m リレーでメダルを獲得した。オリンピック・世界選手権において、日本人スプリンターはベスト 16 までは毎回進出しており、国際的にも評価は高い。同時に、東京世界陸上後の 20 年間、国際および国内試合での基礎的科学データの報告は多くなされているものの、記録の発達段階を示すような研究はされてこなかった。そのため、スプリントトレーニングはトップレベル選手ほど現場まかせであり、特に男子においてはセルフコーチをして競技を続ける選手が多いのが現状である。すなわち、試合でのパフォーマンスの科学データがコーチによってトレーニングに生かされ、選手にフィードバックされるという体制ができないのが競技力低迷の一因であると考えられる。すなわち、科学的データをフィードバックするための方法もしくはデータの見方が提示されておらず、記録の発達過程が縦断的に研究されていないためであると考えられる。

そこで本研究では、日本を代表するスプリンターのレースのデータの見方やコーチングにおける科学的データの活用できるようにするため、スプリントの科学的データを提示し、日本を代表する選手の試合分析から、実践現場へ還元する科学データの利用モデルを提示することを目的とした。

2. 方法

本研究では、男女 100m レースパターンの分析をおよそ 500 レース行った。3 年にわたり国際グランプリ、国内グランプリおよび日本選手権、地区選手権さらには大学選手権など幅広い競技レベルに及ぶ 50 試合以上を対象にした。

(1)被検者

①男子選手全体

国内トップレベルの 10 秒 0 台から 11 秒 1 台の記録を持つ選手 95 名を対象にした。

②複数レースの個別分析の対象男子選手

世界選手権セミファイナリストの塚原直貴選手、日本選手権優勝の江里口選手ら国内トップ選手 5 名を含む 7 名(表 1)の複数のレースを対象にした。

Table 1 The subjects of top men's sprinter

Subject	Height (m)	Weight (kg)	100m Record (s)
Eriguchi Masashi	1.70	60.0	10.07
Tsukuhara Naoki	1.80	80.0	10.09
Abiko Mitsuhiro	1.72	68.7	10.30
Saito Hitoshi	1.79	70.0	10.35
Sakuma Kota	1.70	66.0	10.37
Iwamura Hiroki	1.67	59.7	10.55
Murayoshi Seiji	1.68	64.0	10.60

③日本人選手トップパフォーマンスの分析

日本のトップ選手として、塚原直貴選手、江里口選手を対象にした。

④最大疾走能力とジャンプテストの男子選手

100m パフォーマンスに最も重要とされる最大疾走速度とジャンプテストの関係を検討するため、10 秒 3 台から 11 秒 3 台までの短距離・障害選手 60 名を対象にし、半数で上位群と下位群に分けた(表 2)。

Table 2 Physical characteristics and kinematic variables of the entire group, superior group and inferior group in experimental sprinting

Parameters (unit)	Entire (n=60)	Superior (n=30)	Inferior (n=30)
Age (yrs.)	20.8 ± 2.3	20.9 ± 2.6	20.7 ± 1.9
Height (cm)	175.1 ± 4.7	175.7 ± 4.5	174.4 ± 4.9
Weight (kg)	66.9 ± 4.1	68.0 ± 3.4 *	65.8 ± 4.4

Values show mean ± SD

* : “superior” significantly different from “inferior” (p<0.05)

⑤複数レースの個別分析の対象女子選手

日本記録達成した福島千里選手を含むと国内トップレベル女子選手 7 名の複数のレースを対象にした(表 3)。

Table 3 The subjects of top women's top sprinter

Subject	Height (m)	Weight (kg)	100m Record (s)
Fukushima Chisato	1.65	50.0	11.21
Takahashi Momoko	1.69	57.0	11.34
Okabe Nao	1.64	54.9	11.64
Seko Nodoka	1.54	48.0	11.69
Nakano Hitomi	1.64	54.2	11.74
Tchiyama Kie	1.65	51.9	11.74
Sano Fuyumi	1.57	51.4	11.94
Abe Eimi	1.61	47.8	12.01

(2)パフォーマンス分析

①男子選手全体のレース分析

男子では国内トップレベルから大学競技レベルの差を比較検討するため、レースパターンを分析した。同一選手を除き、日本選手権優勝やオリンピック選手5名を含む10秒30台から11秒10台で走った選手95名を対象にした。ハイスピードカメラ(300f/s)で、通過タイム、選手の重なりなどを考慮して、スタート信号を含むレース全体、30m地点、60m地点およびフィニッシュラインの4地点以上で撮影をおこなった。30mまでを加速局面、30m-60m区間を最大速度局面、60m-100m区間を減速局面としてレースパターンを検討した。記録とレース全体での平均ピッチおよび平均ストライド・身長比ストライド(ストライド/身長)、30mおよび60m通過タイム、接地時間および滞空時間を算出した。

②複数レースの個別分析(男子)

縦断的に日本代表経験者5名を含む、国内トップレベル選手7名を対象にして個人の複数レースの分析を行なった。このとき、記録とピッチ、ストライドおよび身長比ストライド、30mおよび60m通過タイムなどを算出し、パフォーマンスに影響する要素を各選手で検討した。

③日本人選手トップパフォーマンスの同一試合でのレースおよび異なる試合でのレースの分析

2007年・2008年の日本選手権優勝者である塚原選手および2009年の江里口選手のレースパターンを詳細に分析するため、2009年6月の日本選手権の予選、準決勝および決勝の接地時間と滞空時間を測定し、レース中の動態を検討した。異なる時期の高いパフォーマンスデータとして、塚原選手は優勝した2009年5月の大阪グランプリ、江里口選手も優勝した2009年9月の日本学生対抗選手権大会のレースを分析した。

④最大疾走速度とジャンプテストとの関係

競技レベルとジャンプテストの関係を明らかにするために、国内トップレベル選手を含む大学短距離・障害選手60名を対象に30m+30mの加速走をおこない、最大疾走速度を測定した。同時にジャンプテストとしてカウンタームーブメントジャンプ(以下、CMJ)の高さ、リバウンドジャンプインデックス(以下、RJ-index)、立五段跳び(以下、SFJ)の距離を測定した。また、縦断的に競技パフォーマンスおよび最大疾走速度とジャンプテストの評価をおこなった。

⑤複数レースの個別分析(女子)

日本記録保持者である福島千里選手を含む国内女子トップスプリンター7名を対象にした(表3)。女子においては、福島選手の日本記録達成のレース分析、さらにスプリンターの疾走タイプ分けから個別性について検討した。

3. 結果

(1) 男子選手全体のレース分析

男子ではオリンピック選手を含む国内トップレベルの10秒0台から11秒1台の記録を持つ選手を対象にした。平均の記録は $10.69 \pm 0.22s$ で、ストライド $2.04 \pm 0.08m$ 、ピッチ $4.79 \pm 0.52Hz$ 、接地時間 $0.105 \pm 0.006s$ 、滞空時間 $0.105 \pm 0.013s$ 、滞空比 1.003 ± 0.138 であった(表4)。

Table 4 Kinematic variables in 100m sprinting

Parameters (unit)	Mean $\pm$ SD
100m Record (s)	10.69 ± 0.22
Average stride length (m)	2.04 ± 0.08
Average stride frequency (Hz)	4.79 ± 0.52
Average contact time (s)	0.105 ± 0.006
Average flight time (s)	0.105 ± 0.013
Average flight time / contact time	1.003 ± 0.138

(2) 男子選手全体のレースのストライドおよびピッチ

図1は、男子10秒3台から11秒0台で走った選手のゴールタイムと平均ストライドおよび平均ピッチの関係を示したものである。

ゴールタイムと平均ストライドとに相関関係($r=-0.35, p<0.01$)があるものの平均ピッチにはみられなかった($r=-0.16, N.S.$)。

ゴールタイムと身長比のストライドの関係では平均ストライドより強い相関関係($r=-0.41, p<0.001$)が見られた。塚原・江里口選手は、身長比からすると1.21~1.23であり、最大速度局面ではともに1.30~1.31であった。

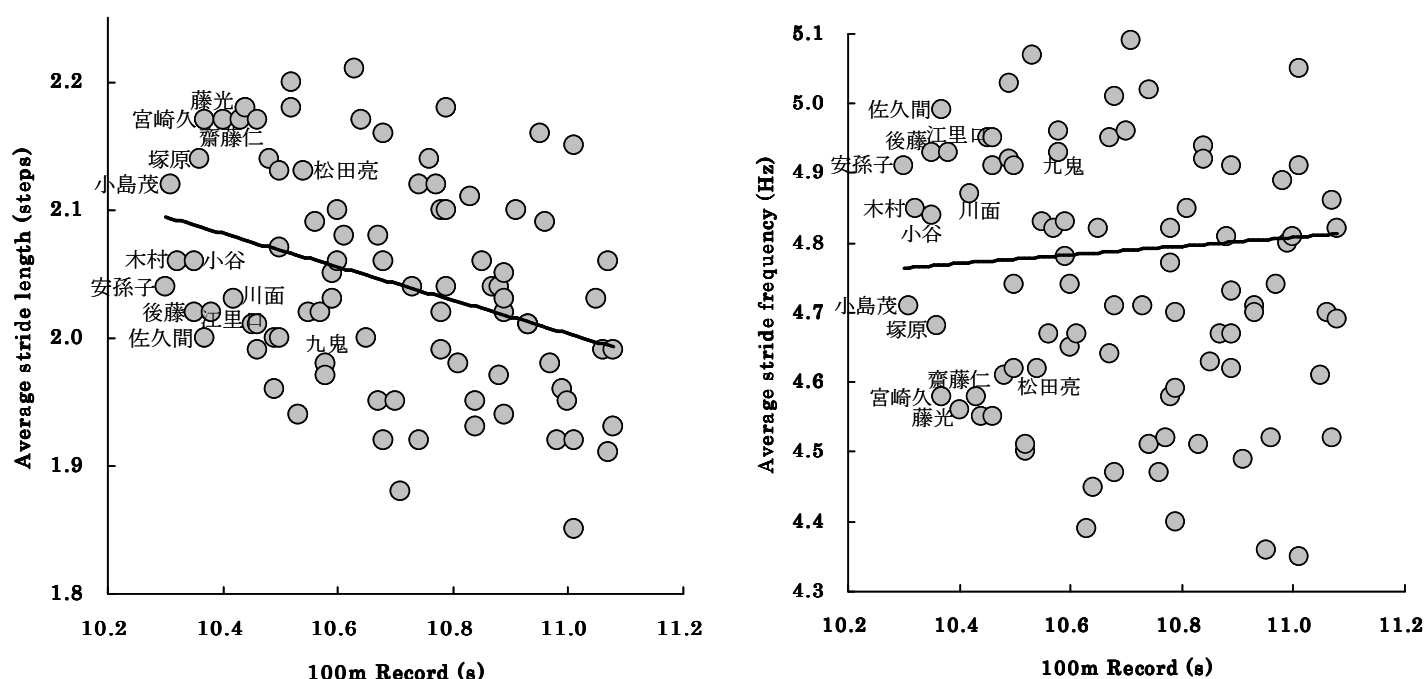


Fig1 The relationship among 100m Record and average stride length, average stride frequency

図2は、ゴールタイムと30m通過タイム、30m-60m区間タイム、60m-100m区間タイムとの関係を示したものである。ともに高い相関関係(30m通過タイム： $r=0.87, p<0.01$ ；30m-60m区間タイム： $r=0.97, p<0.01$ ；60m-100m区間タイム： $r=0.94, p<0.01$)があるものの、30m-60m区間タイムがよりゴールタイムと関係が強く、最大速度が高いことがより重要であることが示された。また、最大速度区間である30m-60m区間タイムは60m-100m区間タイムとの関係($r=0.88, p<0.01$)より、30m通過タイムと相関関係が高かった($r=0.96, p<0.01$)。

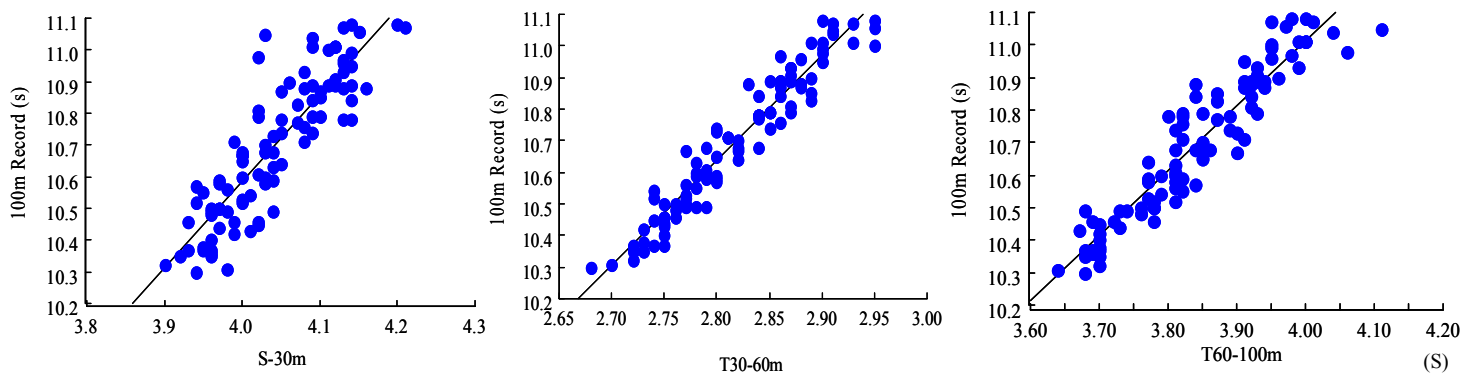


Fig2 The relationship among 100m-record, S-30m-time, 30-60m-time and 60-100m-time

(3) 複数レースの個別分析(男子)

図3は、6選手のゴールタイムと30m通過タイムとの関係を示したものである。

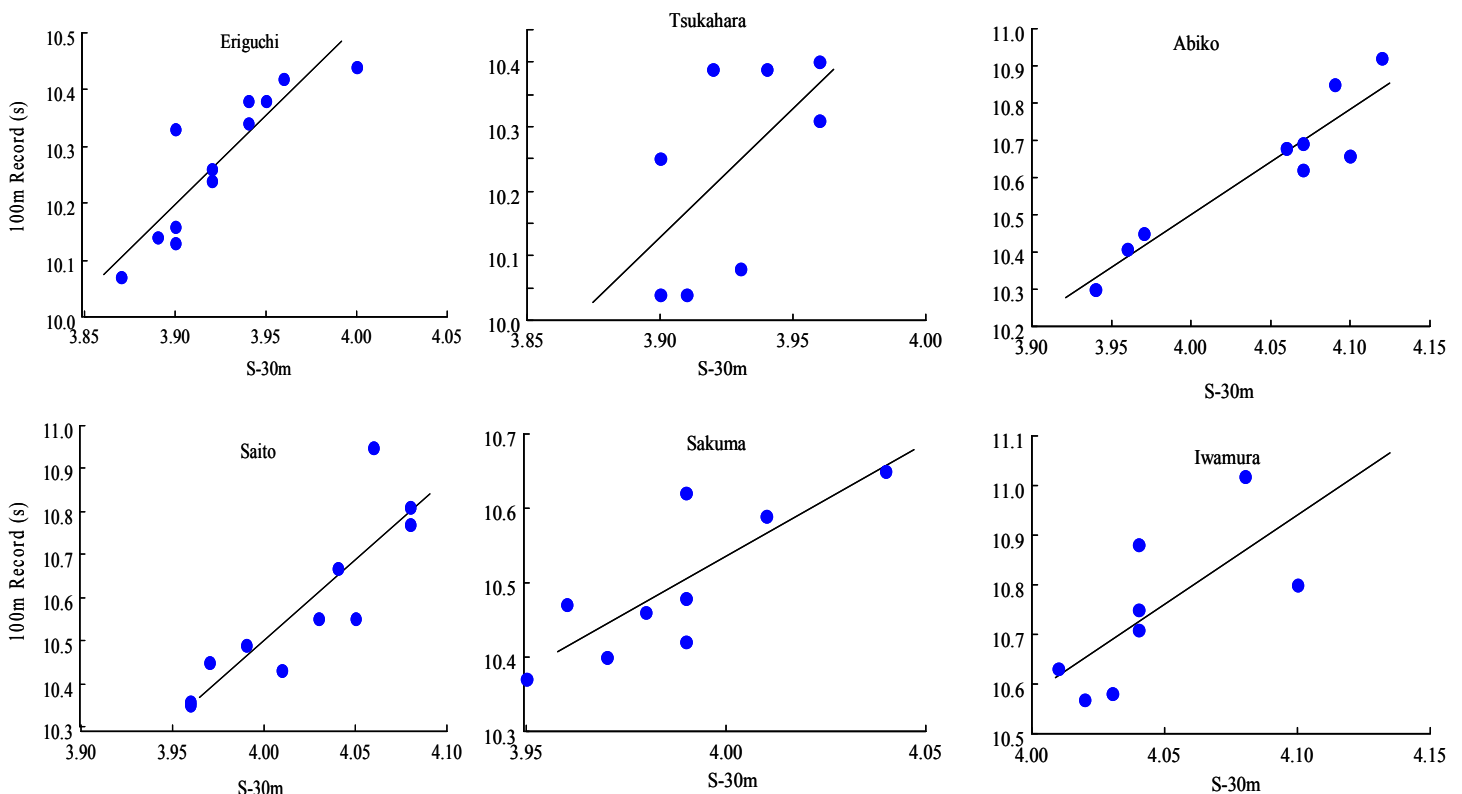


Fig3 The relationship between 100m-record and S-30m-time

いずれの選手ともにゴールタイムと 30m 通過タイムに相関関係が見られ、最大速度区間である 60m-100m 区間タイムと関係がみられ全体の被検者と同じ傾向が現れた。しかし、塚原選手のみ 30m 通過タイムと 30m-60m 区間タイムに関係が見られなかった。さらに、選手によって、ゴールタイムとピッチ、ゴールタイムとストライドとの関係がある選手があり、それぞれピッチが高いもしくはストライドが大きい時に良いタイムが出ることが示された。

① ストライドが影響する選手

塚原選手および江里口選手はストライドが大きいときにタイムが良く(江里口選手： $r=-0.72, p<0.01$ ；塚原選手： $r=-0.98, p<0.01$)、塚原選手および江里口選手は、ともに 30m-60m 区間の最大速度局面でストライドが大きいこと(江里口選手： $r=-0.79, p<0.01$ ；塚原選手： $r=-0.88, p<0.01$)が速度を決定付けていることが示された。

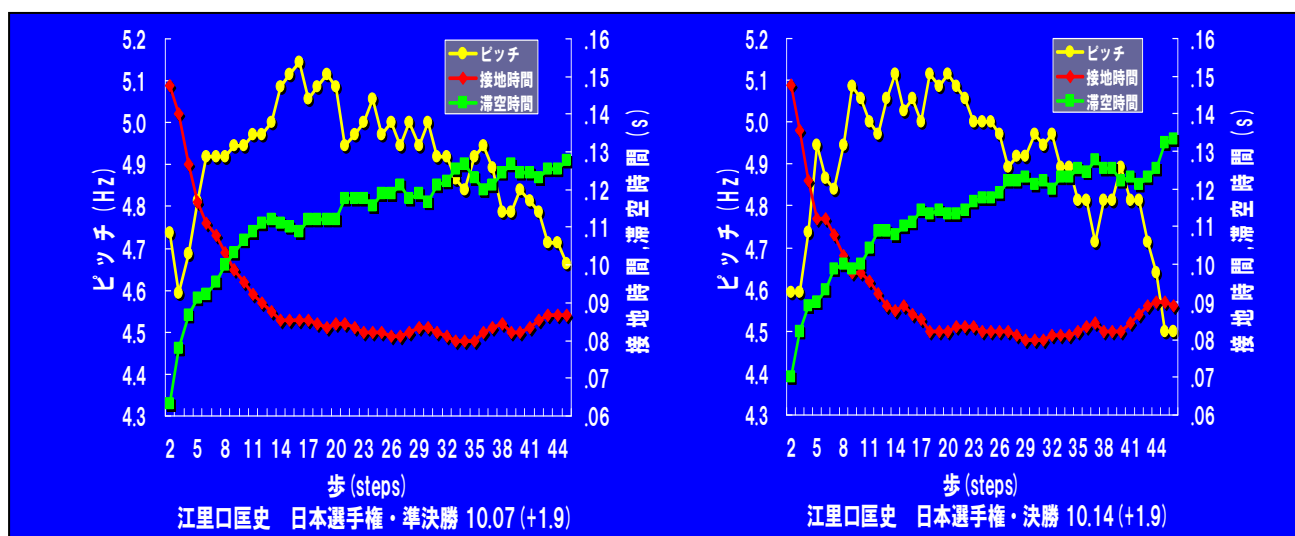
② ピッチが影響する選手

斎藤選手、安孫子選手および佐久間選手はピッチが高いときにタイムが良い(斎藤選手： $r=-0.90, p<0.01$ ；安孫子選手： $r=-0.69, p<0.01$ ；佐久間選手： $r=-0.92, p<0.01$)ことが示された。ピッチが影響する斎藤選手、安孫子選手および佐久間選手は、30m までの加速局面(斎藤選手： $r=-0.76, p<0.01$ ；安孫子選手： $r=-0.75, p<0.01$ ；佐久間選手： $r=-0.80, p<0.01$)、60m-100m 区間の減速局面のピッチの高さ(斎藤選手： $r=-0.91, p<0.01$ ；安孫子選手： $r=-0.70, p<0.01$ ；佐久間選手： $r=-0.84, p<0.01$)が速度を決定付けることが示された。さらに、佐久間選手はストライドが大きいほどゴールタイムが遅い傾向($r=0.76, p<0.01$)が見られた。

また、大学トップレベルの村吉選手は塚原選手と同様のストライド($r=-0.53, p<0.05$)、岩村選手は斎藤選手と同様のピッチ($r=-0.60, p<0.05$)がゴールタイムと関係があった。

③ 日本人選手トップパフォーマンスの分析

図 4 および図 5 は、2009 年日本選手権(NCh)における塚原選手および江里口選手の予選・準決勝・決勝における各選手 2 レースの 30m、60m 地点通過タイム、30-60m 区間タイム、60-100m 区間タイム、平均速度、ピッチ、接地時間および滞空時間を示したものである。



測定項目(単位)	0-30m	30-60m	60-100m	0-60m	0-100m
タイム(s)	3.90	2.64	3.55	6.54	10.09
平均疾走速度(m/s)	7.69	11.38	11.27	9.17	9.91
歩数(steps)	16.33	12.64	16.46	28.97	45.43

測定項目(単位)	0-30m	30-60m	60-100m	0-60m	0-100m
タイム(s)	3.89	2.65	3.55	6.54	10.09
平均疾走速度(m/s)	7.71	11.34	11.27	9.17	9.91
歩数(steps)	16.42	12.75	16.44	29.18	45.62

Fig4 100m-record, step, stride frequency, contact time and flight time

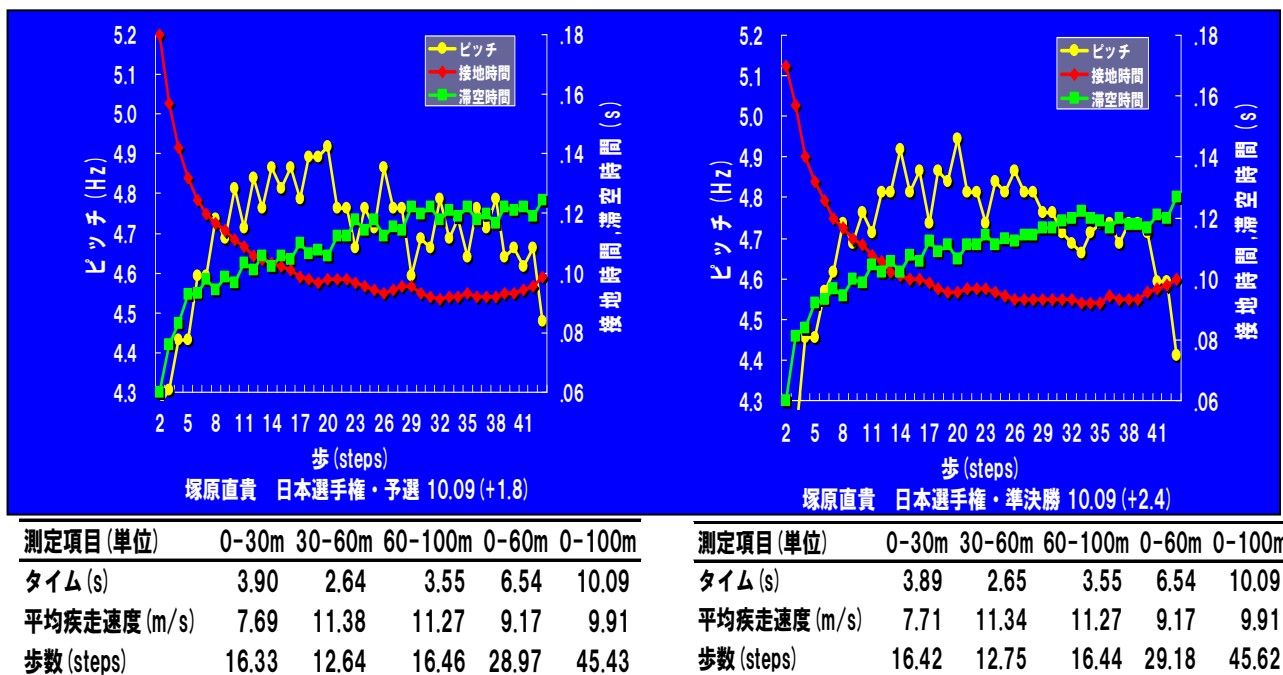


Fig5 100m-record, step, stride frequency, contact time and flight time

ともに、予選で初の10秒0台となる自己ベスト記録を更新したレースであり、準決勝もしくは決勝で記録を狙おうとしていたレースである。決勝では江里口選手は優勝したものの同じ条件ながらタイムを落とし、塚原選手は準決勝でハムストリングスを痛め、決勝は棄権してしまった。

決勝での江里口選手、準決勝での塚原選手の2選手ともに自己ベストを記録したレースより加速区間30mまでのピッチを高め速度を高めているが、最大速度区間の30-60m区間で速度を高められず、歩数が増え、ストライドが獲得できていないことが示された。ともに後の選手のコメントから、日本人初の9秒台を意識したレースであったことがわかった。

図6は、日本選手権の3ヶ月後に行なわれた日本学生対抗選手権大会(NIC)決勝における江里口選手、日本選手権の1ヶ月前に行なわれた塚原選手の大阪グランプリの30m、60m地点通過タイム、30-60m区間タイム、60-100m区間タイム、平均速度、ピッチ、接地時間および滞空時間を示したものである。

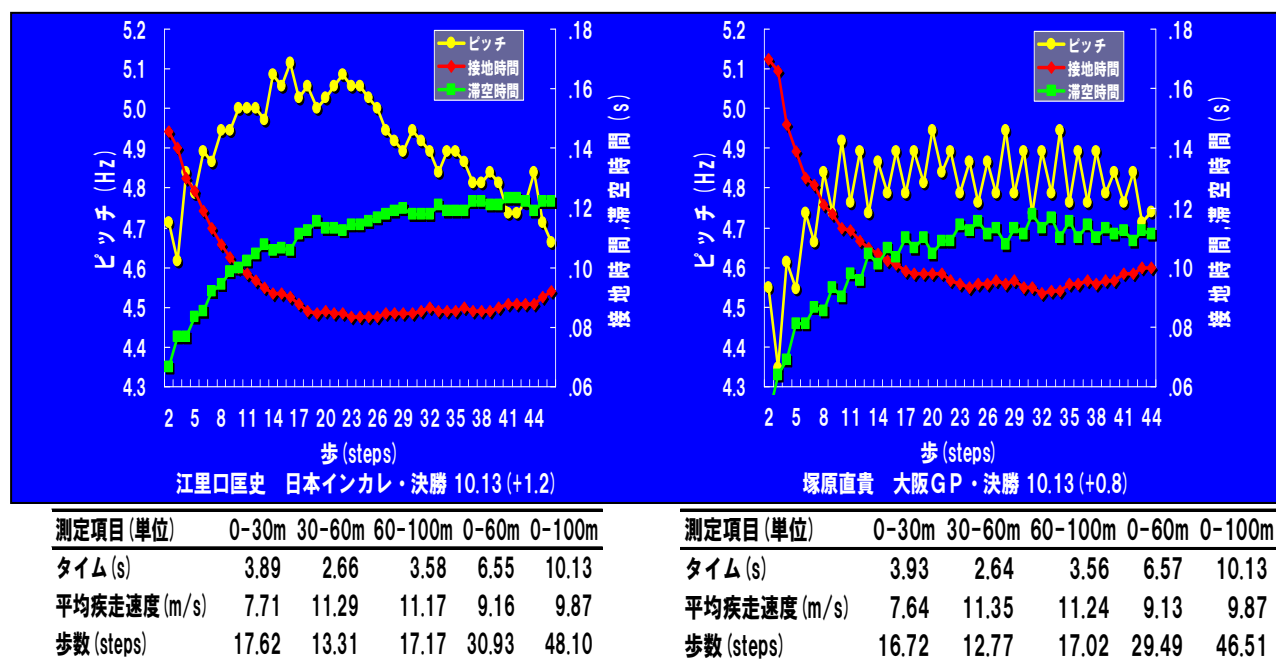


Fig6 100m-record, step, stride frequency, contact time and flight time

江里口選手は日本選手権の決勝とほぼ同じタイムを記録しているが、本人としては6月に10秒0台を記録しており、余力のあるレースであったと述べている。塚原選手は、9秒台の黒人選手をレース後半で引き離すレースパターンで、本人談より、最も完成度の高いレースと評価している。このとき、塚原選手はレース序盤からゴールまでピッチに左右差が現れ、そのまま同じリズムでゴールまで走りきっていることが示された。追い風が1m以下での後半の速度としては、塚原選手としては最大速度が出現したレースであった。

表5は、図4から図6までの塚原選手および江里口選手のスタートから30m、30m-60m区間、60m-100m区間のそれぞれの合計接地時間および合計滞空時間と滞空比の平均値、総接地時間および総滞空時間、その滞空比の平均値を示したものである。

Fig5 Contact-time, flight-time and flight/contact-time

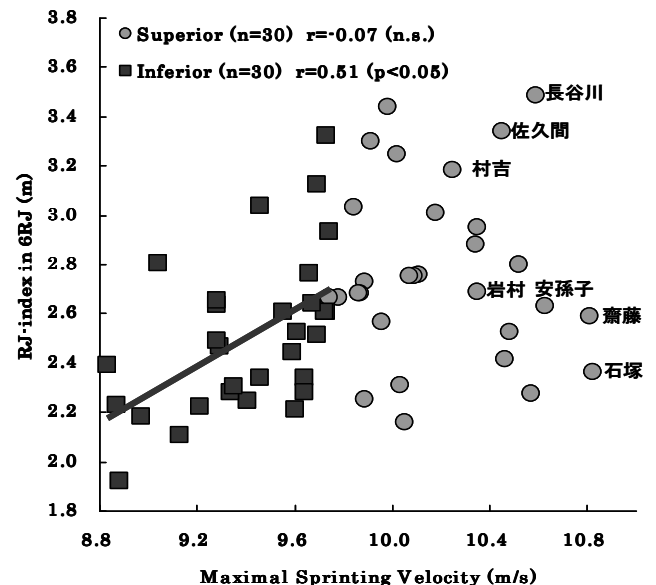
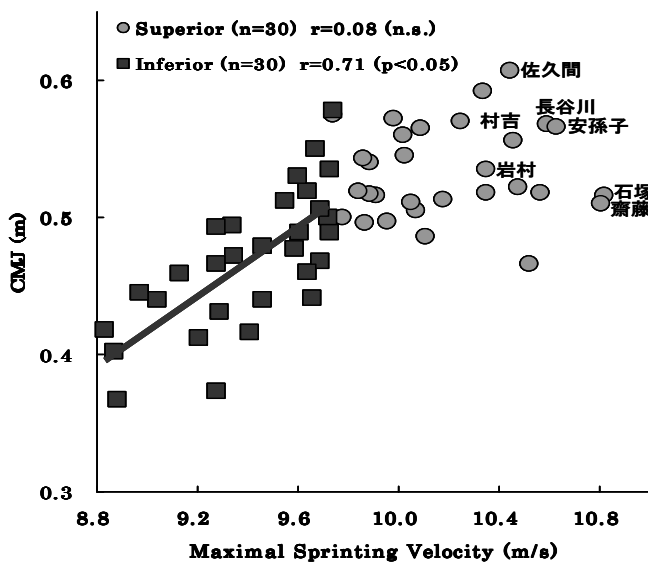
Competition	Record	Wind		S-30m	30m-60m	60m-100m	Total-Ave.
09・NCh-sf	10.07	1.9	CT	1.89	1.08	1.34	4.22
			FT	1.76	1.52	2.00	5.15
			FT/CT	0.93	1.41	1.50	1.221
Eriguchi 09・NCh-f	10.14	1.9	CT	1.89	1.06	1.36	4.31
			FT	1.76	1.54	2.01	5.31
			FT/CT	0.93	1.45	1.48	1.230
09・NIC-f	10.13	1.2	CT	1.97	1.10	1.40	4.46
			FT	1.69	1.51	1.94	5.14
			FT/CT	0.86	1.37	1.39	1.151
09・NCh-1st	10.09	1.9	CT	2.11	1.25	1.31	4.67
			FT	1.57	1.49	1.69	4.75
			FT/CT	0.75	1.19	1.29	1.017
Tsukahara 09・NCh-sf	10.09	2.4	CT	2.08	1.23	1.33	4.65
			FT	1.59	1.47	1.69	4.75
			FT/CT	0.76	1.19	1.27	1.022
09・Osaka	10.13	0.8	CT	2.15	1.24	1.33	4.82
			FT	1.45	1.45	1.57	4.59
			FT/CT	0.68	1.16	1.18	0.951

(s)

江里口選手、塚原選手ともにラウンドが進み、記録を狙うと滞空比(江里口選手：1.221→1.230；塚原選手：1.017→1.022)が大きくなっていった。しかし、ともに余力のあるレースにおいてトップでゴールした時は、その他の2レースよりも滞空比(江里口選手：1.151；塚原選手：0.951)が小さかった。

(4) 最大疾走速度とジャンプテストとの関係

ゴールタイムは最大疾走速度が最も大きな要因であるとして示されていることから、最大疾走速度とジャンプテストの関係を検討した。図7は、大学短距離・障害選手60名を対象に最大疾走速度とジャンプテストの関係を示したものである。



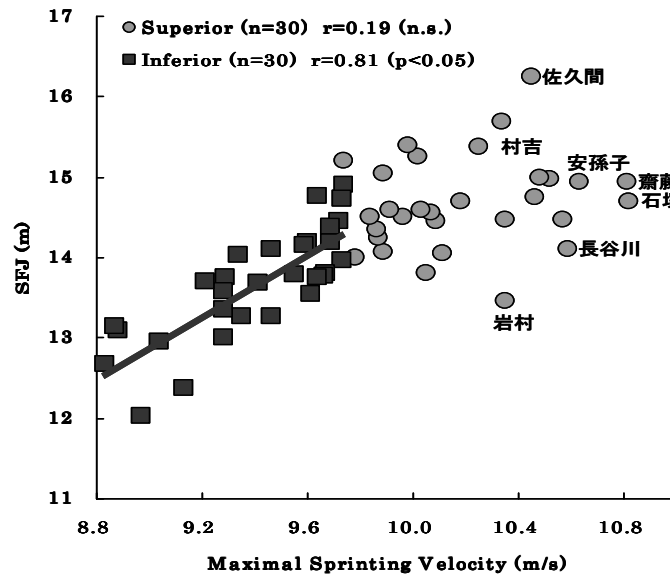


Fig7 The relationship between maximal sprinting velocity and jump tests (CMJ/RJ-index/SFJ)

最大疾走速度 10m/s 以上の 60 名中，上位群の選手 30 名は，10 秒 8 台より高いレベルの選手であった．下位群 30 名は，CMJ, RJ-index および SFJ と最大疾走速度とに関係が見られたが，上位群には見られなかった．さらに下位群はジャンプテストの値が良いときほど最大速度が良い傾向にあったが，上位群においては，ほとんど関係がなくなることが示された．

(5) 複数レースの個別分析(女子)

女子では福島千里選手による 2 度の日本記録達成のレースを分析した．福島選手は 2010 年 4 月織田記念において，2009 年日本選手権で出した 11 秒 32 の自身の日本記録を 0 秒 1 上回る 11 秒 21 を記録した．図 8 は，スタートから 30m, 30m-60m 区間，60m-100m 区間の平均速度，平均ピッチおよび平均ストライドを示したものである．

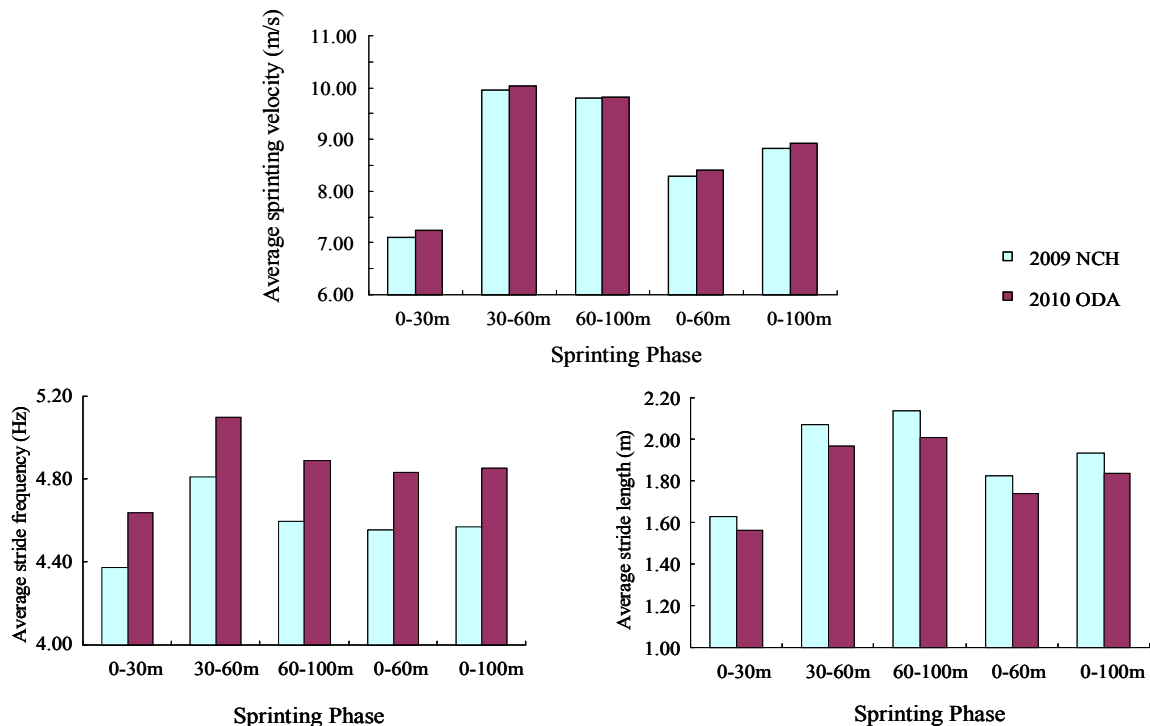


Fig8 Average sprinting velocity, average stride frequency and average stride length

スタートから 30m までの平均速度が高まり、男子の 10 秒 9 台選手の通過タイムとほぼ変わらなかった。51.7 歩だったゴールまでの歩数は、54.4 歩になっていた。すなわち、高いピッチでややストライドを小さくして、日本記録を達成していた。同じく高橋萌木子選手は、2009 年日本選手権 11 秒 34 から 2010 年織田記念 11 秒 35 とほぼ同じ記録で 50.2 歩と 49.8 歩であった。

図 9 は、100m をほぼ同条件で同じタイムで走った、ストライド型選手とピッチ I 型選手、図 10 はピッチ I 型および II 型の選手のピッチ、接地時間および滞空時間を示したものである。

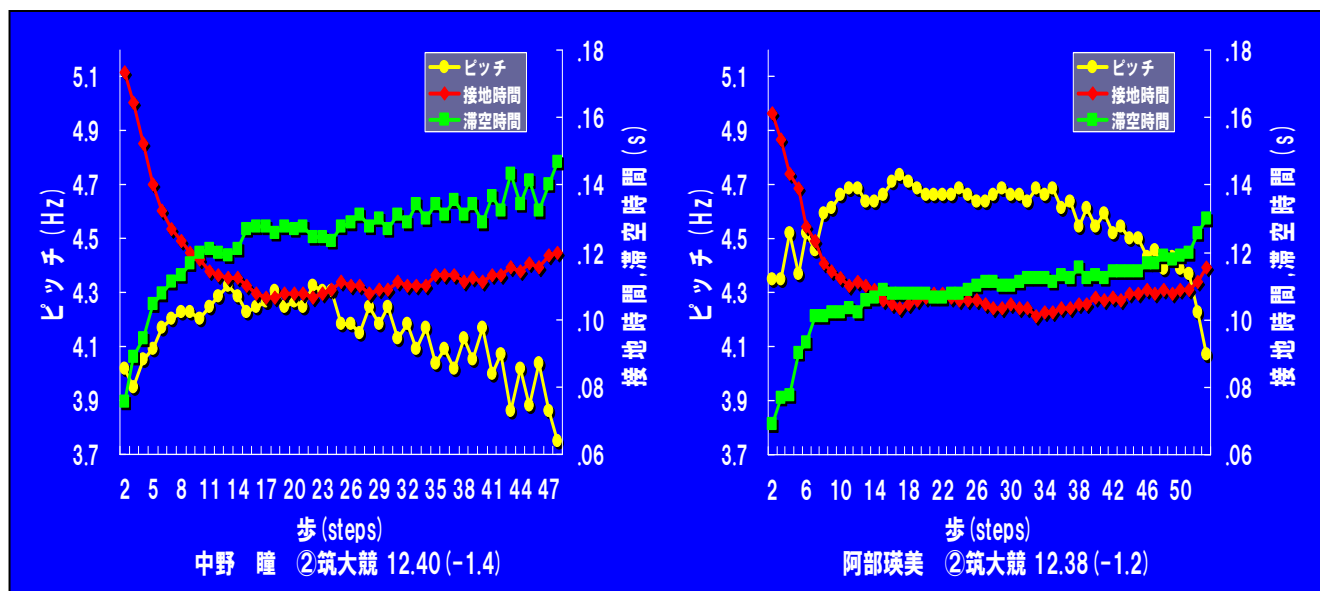


Fig9 Step, stride frequency, contact and flight-time of stride and pitch type sprinters

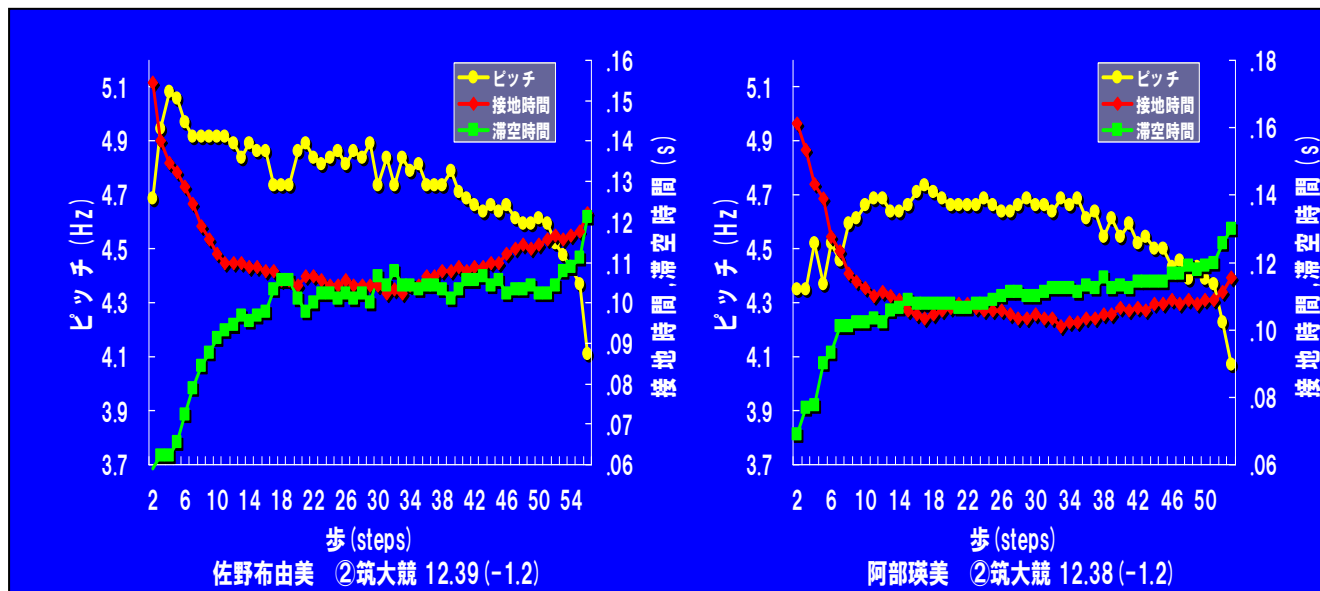


Fig10 Step, stride frequency, contact and flight-time of pitch type I and pitch type II sprinters

ストライド型の中野選手はピッチ I 型の阿部選手と同様にやや接地時間を長くしながら減速局面を迎えているが、滞空時間をより長くしていることが特徴である。一方、ピッチ II 型の佐野選手は I 型の選手と比較して接地時間を長くしながらも、滞空時間の増加を防ぎながら高いピッチを後半まで維持している。また、国内女子トップスプリンター 7 名は、男子 10 秒 8 台以下のレベルの選手と同様に、ジャンプテストが良いときほど 100m の記録が良い傾向にあった。

4. 考察

本研究では、男女 100m レースパターンの分析をおよそ 500 レース行った。3 年にわたり国際グランプリ、国内グランプリおよび日本選手権、地区選手権さらには大学選手権など幅広い競技レベルに及ぶ 50 試合以上からデータを収集した。また、レースパターンと個人の記録変動を検討した。

(1) ピッチとストライドについて

男子では国内トップレベルの 10 秒 0 台から 11 秒 1 台までのレースを比較検討し、身長比ストライドが大きいことが重要であることが示された。これまでの報告どおり、ピッチよりもどれだけ大きなストライドを獲得できるかが重要であることが示された (伊藤ら, 1998)。塚原・江里口選手は、身長比からすると 1.21~1.23 であったが、9 秒台の世界一流競技者は 2m50cm、ルイス選手は 2m55cm、ボルト選手は 2m60cm (松尾ら, 2010) であり、世界一流選手が 1.28 前後であり、最大速度局面では塚原・江里口選手が 1.31、ルイス選手 1.36、ボルト選手が 1.40 であることから、世界一流競技者と日本一流競技者の比較においても同様にストライドの重要性が指摘できる。一方で、本研究の 95 名から図 11 にあるように、ゴールタイムと滞空時間および滞空比には関係が見られないものの、接地時間が短いほどゴールタイムが良い ($r=0.22$, $p<0.05$) ということが示され、伊藤ら (1998) が示すように、短い時間に大きな力発揮が重要であることが推察される。

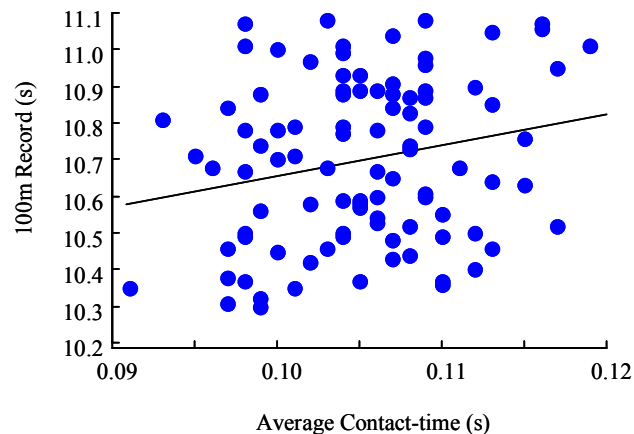


Fig11 The relationship between 100m-record and average contact-time

これまで歴代の日本の 10 秒 0 から 1 台の選手の平均身長が 175cm 前後であるが、多くの日本トップスプリンターの特徴から、日本人の身長に適正なストライドを獲得し、より日本人に合った走法を考える必要があるという議論はこれまでほとんどない。2003 年パリ世界選手権 200m で短距離種目日本人初のメダルを獲得した末續選手 (身長 178cm/体重 68kg) の平均身長比ストライドが 200m 時平均で 1.27 であるのに対し、ボルト選手が平均 1.37、ゲイ選手が 1.35 である。末續選手は、100m でも 10 秒 05 の記録を持ち、接地時間が 0.09 前後であり、短い接地時間が特徴でありながら、200m において前半型で高いピッチを維持しながら走っていたとされている (土江ら, 2009)。個人の比較の前に、日本人のこうした特長を踏まえて、日本選手権優勝の江里口選手 (170cm)、全日本実業団・国体優勝の木村慎太郎選手 (171cm) といった日本国内のトップスプリンターが 175cm 前後であり、180cm 以上世界一流選手の走法が必ずしも合理的であるとは考えられない。これまでの世界一流スプリンターの研究 (阿江ら, 1994; 伊藤ら, 1994) から、ストライドを大きくする必要が指摘されているが、形態面で脚の長さ、アキレス腱の長さなどを考慮すると、西アフリカ出身の世界トップスプリンターのようなストライド型で後半型のレースは難しいと考えられる (今後、さまざまな人種が分析され類型化していく必要がある)。平均ストライドが 2m13cm、総歩数 47 歩でも 10 秒 0 台の記録が可能であることが示されたことから、必ずしも単純にストライドを大きくすることが日本人選手にとって最優先になるわけではなく、日本人スプリンターの特徴を階層的にパフォーマンスとらえることが重要である。そのためには、ピッチとストライドのバランスを考慮して、最終的には最大のストライドを獲得しながら接地時間と滞空時間を短くできるかがカギになると考えられる。

(2) レースパターン

ゴールタイムは、30m-60m 区間タイムと関係がもっとも強く、最大疾走速度が高いことが重要であることが示された。また、最大疾走区間である 30m-60m 区間タイムは 60m-100m 区間タイムとの関係 ($r=0.88, p<0.01$) より 30m 通過タイムと強い ($r=0.96, p<0.01$) ことから、加速区間である 30m 通過タイムを高めることが、ゴールタイムを向上させることにつながるものであると考えられる。

これまでスプリントの最大速度を高めることに着目し、現場でもピッチ高めストライドを大きくする方法が注目されてきた(中田ら, 2003)。しかし、選手のレースパターンを分析から地点による動作の変化だけでなく(羽田ら, 2003)、加速の仕方やピッチおよびストライドのバランスが選手によって異なり、速度の高め方が異なることが示された。ストライドが影響する塚原選手および江里口選手は、ともに 30m-60m 区間の最大速度局面でストライドが大きいことが速度を決定付け、ピッチが影響する斎藤選手および安孫子選手は、30m までの加速局面、60m-100m 区間の減速局面のピッチの高さが速度を決定付けることが示された。大学トップレベルの村吉選手および岩村選手も同じ傾向が示され、各局面における動作も含めた走法の分析とともにタイプ分け、すなわち類型化がより多くのデータを収集することで、できるものと考えられる。選手がどのように加速していき、最大速度を獲得していくかという加速局面の詳細な分析をし、ピッチ型、ストライド型という分類をおこない、それに応じたトレーニングを考案していく必要があると考えられる。どのようなトレーニングの組み合わせでピッチが高まり、ストライドが大きくなったかを知るとともに、実際はピッチとストライドのどちらがパフォーマンスに影響するタイプなのか類型化して知っていることがその選手の状態を即座に簡略化できるものと思われる。それには、接地時間と滞空時間のバランスを考慮に入れながらトレーニングを進めるのが重要であると推察される。

(3) 日本人選手トップパフォーマンスの分析

塚原選手および江里口選手のレースにおいて、予選で初の 10 秒 0 台となる自己ベスト記録を更新したレースと、次のラウンドで 9 秒台の記録を狙おうとしていたレースでは、ともに加速区間 30m までのピッチを高めており、最大速度区間の 30-60m 区間で速度を高められず、歩数が増えていることからストライドが獲得できていないことが示された。塚原選手は、この 2 本目のレースで脚を痛め、決勝では走ることができなかった。何かのバランスが崩れたとコメントしており、接地および滞空時間のバランスを検討した。図 6 は、日本選手権の 1 ヶ月前に行なわれた大阪グランプリの 30m、60m 地点通過タイム、30-60m 区間タイム、60-100m 区間タイム、平均速度、ピッチ、接地時間および滞空時間を示したものである。9 秒台の黒人選手をレース後半で引き離すレースパターンで、本人談より、最も完成度の高いレースとして評価しているレースである。このとき、レース序盤からゴールまでピッチの左右差が現れ、同じリズムでゴールまで走り後半型の走りであった。追い風が 1m 以下での後半の速度としては、塚原選手としては最大のものである。9 秒 58 の世界記録を達成した時のボルト選手レースにおいても、接地時間に左右差があり、ゴールまで一定のリズムで走っていたことが報告されている(松尾ら, 2010)。また、200m を得意とし、100m では後半型である被検者である斎藤選手にも同じ傾向がみられ、後半型のレースを行なえる選手は、左右差が存在することが考えられる。すなわち、バランスのよさというのはリズムを保つことであり、左右差をなくすことではないと考えられ、このことが速度の逡巡を抑えるカギになるかもしれない。また、接地時間が短く、滞空比が大きいほどストライドが大きく、スプリント能力が高いとされているが(Chu and Korchemy, 1993)、滞空比の幅がその選手によって大きく異なり、選手それぞれのリズム形成が異なることが推察される。また、2 選手とも努力度を上げると接地時間を短くしてピッチを高められ(村木ら, 1999)、滞空比が大きくなる傾向にあった。これは必ずしも滞空比が大きいことを良い評価とすることができないことを示しており、むしろ、接地時間が長い方がリラックスして後半まで減速を少なくする走法であるかもしれない。また、滞空比が小さい場合には、スピードトレーニングの余地が残されていることを示しており、個人の疾走速度と滞空比を把握しておくことで、力型かスピード型かのトレーニングの方向性が示すことができるとも考えられる。このような視点で接地時間と滞空時間の分析手法はこれまでおこなわれていないことから、今後レースパターンと左右差そしてリズムについて研究が進められ、トレーニング方法が考案できることが望まれる。

(4) 最大疾走能力とジャンプテスト

これまでストライドを伸ばすために筋力トレーニングやジャンプトレーニングなど筋力を向上

させるものが重視され(Chu and Korchemy, 1993 ; Delecluse et al., 1995), その能力とパフォーマンスの動態が把握されてこなかった. 本研究において, 最大速度 10m/s 以下の下位群は, CMJ と最大疾走速度とに関係が見られたが, 上位群には見られなかった. RJ-index および SFJ にも同様の傾向が見られた. また, 下位群はジャンプテストの値が良いときほど 100m の記録が良い傾向にあったが, 上位群においては, ほとんど関係がなくなることが示された.

ジャンプテストは距離もしくは高さを基に評価しているため, スプリントとは接地や滞空の時間の評価が異なっている. 高い疾走速度を獲得するには, 大きな力を短い時間で発揮する能力が大切であるが, スプリントにおいてはある速度からジャンプなどの大きな力発揮との関係が小さくなると考えられる. 100m 選手においてスプリントパフォーマンスとジャンプ能力との関係について数多くの報告(岩竹ら, 2002 ; 図子ら, 2007)がされてきたが, スプリントは短い接地時間で大きな力を発揮するとともに, 高いピッチを獲得するために滞空時間も短縮する必要がある. すなわち爆発的筋力発揮が重要となる一方で, 大きなストライドを獲得しながらピッチを高めるためのスプリント特有の技術が重要になるものと考えられる. したがって, 今後は動作の分析も平行して評価していくことが必要であると考えられる.

また, 女子は男子の下位群の選手と同様にジャンプテストが良いときほど 100m の記録が良い傾向にあった. すなわち, 男女を問わず 10 秒 8 の記録前後に, 疾走速度とジャンプテストの関係性が低くなる境界線があるものと考えられ, 力-速度関係を考慮して, ジャンプ測定時に力を測定することにより, 力の立ち上がりなどを検討しながらスプリンターのジャンプ能力を観察していく必要があると考えられる(Malcom A. et al., 2010).

(5) 日本人女子選手トップパフォーマンスの分析

アジア大会で 100m・200m で優勝した福島選手は, 2009 年と 2010 年, 2 度日本記録を塗り替えた. 2010 年織田記念では, 冬期のウェイトトレーニングをおこなったとのことから, ストライドの伸びた走りになっているかと思われたが, 逆にピッチを高め, 記録を達成していた. 女子スプリンターは, 絶対的な筋力の向上と高いピッチを獲得することが重要であることを示したものと思われる. また, 筋力アップが必ずしもストライドに反映しないということを示しており, 大きな力発揮と素早い動きを基本にトレーニングを進めていくことが重要であると考えられる.

(6) 現場で何をどのように生かすか?

このような視点から個人内での記録の動向を観察すると, 30m の通過タイムは大きく記録を左右することが示されており, トレーニング現場で行なわれている 30m のタイムトライアルが試合でのパフォーマンスを推測するのに最も簡易的であると考えられる. さらに 30m-60m 区間の記録の方が 30m のタイムよりも相関関係が強いことから, 接地時間をコントロールしながら 30m でいかに早く通過し, 中間疾走で高いスピードを獲得できるかが重要になると考えられた. スタートから爆発的なトレーニングを進めていく必要がある一方で, 最大疾走速度を高めるために, 力-速度関係を考慮してトレーニングしていくことが必要と考えられる. すなわち, これまで世界一流選手との比較から断片的な研究報告では, 日本人が 9 秒台で走るには, 前半型のレースパターンを後半型へ, 最大速度をストライドを大きく改善することが必要であると指摘されていた. しかし, 個別で検討するほど, そのような方法では世界大会でファイナリストになるのは難しいと考えられ, 固有のストライドでできるだけ早い段階でより高い最大疾走速度を獲得し, ピッチを落とさず後半の失速を抑える末續選手のようなレースパターンが, 日本人がファイナリストになる条件であると考えられた.

以下に示す図 12, 図 13 では, 選手の個人データの示し方の例である. ライバルなどのデータを並べ, 類型化されたスプリントタイプから自分を認識, 階層的にどの位置にいるか, どう簡略化してトレーニングに生かすかというための科学的データの示し方である. データを増やしていくと同時に, 選手のフレームワークを作りながら実行していくことが重要である,

名前	体重(kg)	競技会名	ラウンド	総歩数	競技記録(s)	風速(m)
佐久間 康太	65.9	織田記念	予選	49.9	10.37	0.3
	65.9	織田記念	A決勝	50.3	10.42	-0.1
	65.9	東日本実業団	決勝	49.6	10.46	0.0
	66.0	日本選手権	予選	49.7	10.40	-0.3
	66.0	日本選手権	準決勝	50.3	10.47	-0.7
	66.0	日本選手権	決勝	50.1	10.48	0.0
		全日本実業団	準決勝	—	10.59	1.9
		全日本実業団	決勝	49.1	10.65	1.1

RT(sec)	TD(sec)	競技会名	ラウンド		区間タイム(sec)				
					0-30m	30-60m	60-100m	0-60m	0-100m
.533		織田記念	予選(+0.3)	区間タイム(sec)	3.95	2.75	3.68	6.69	10.37
				疾走速度(m/s)	7.61	10.92	10.87	8.97	9.64
				ピッチ(Hz)	4.49	5.11	4.94	4.74	4.81
				ストライド(m)	1.70	2.14	2.20	1.89	2.00
.533		織田記念	A決勝(-0.1)	区間タイム(sec)	3.99	2.75	3.69	6.73	10.42
				疾走速度(m/s)	7.53	10.92	10.84	8.92	9.60
				ピッチ(Hz)	4.49	5.16	4.95	4.76	4.83
				ストライド(m)	1.68	2.12	2.19	1.87	1.99
.550		東日本実業団	決勝(0.0)	区間タイム(sec)	3.98	2.76	3.72	6.74	10.46
				疾走速度(m/s)	7.54	10.88	10.74	8.91	9.56
				ピッチ(Hz)	4.39	5.02	4.90	4.65	4.74
				ストライド(m)	1.72	2.17	2.19	1.92	2.02
.163	.543	日本選手権	予選(-0.3)	区間タイム(sec)	3.97	2.73	3.70	6.70	10.40
				疾走速度(m/s)	7.56	10.98	10.81	8.96	9.62
				ピッチ(Hz)	4.43	5.09	4.91	4.70	4.77
				ストライド(m)	1.71	2.16	2.20	1.91	2.01
.140	.527	日本選手権	準決勝(-0.7)	区間タイム(sec)	3.96	2.76	3.75	6.72	10.47
				疾走速度(m/s)	7.58	10.87	10.66	8.93	9.55
				ピッチ(Hz)	4.50	5.09	4.91	4.74	4.80
				ストライド(m)	1.69	2.13	2.17	1.88	1.99
.136	.523	日本選手権	決勝(0.0)	区間タイム(sec)	3.99	2.76	3.73	6.75	10.48
				疾走速度(m/s)	7.53	10.87	10.71	8.89	9.54
				ピッチ(Hz)	4.46	5.09	4.89	4.72	4.78
				ストライド(m)	1.69	2.13	2.19	1.89	2.00
.523		全日本実業団	準決勝(+1.9)	区間タイム(sec)	4.02	2.79	3.78	6.81	10.59
				疾走速度(m/s)	7.47	10.74	10.58	8.81	9.44
				ピッチ(Hz)	—	—	—	—	—
				ストライド(m)	—	—	—	—	—
.523		全日本実業団	決勝(+1.1)	区間タイム(sec)	4.04	2.80	3.81	6.84	10.65
				疾走速度(m/s)	7.43	10.71	10.49	8.78	9.39
				ピッチ(Hz)	4.29	4.92	4.71	4.55	4.61
				ストライド(m)	1.73	2.18	2.23	1.93	2.04

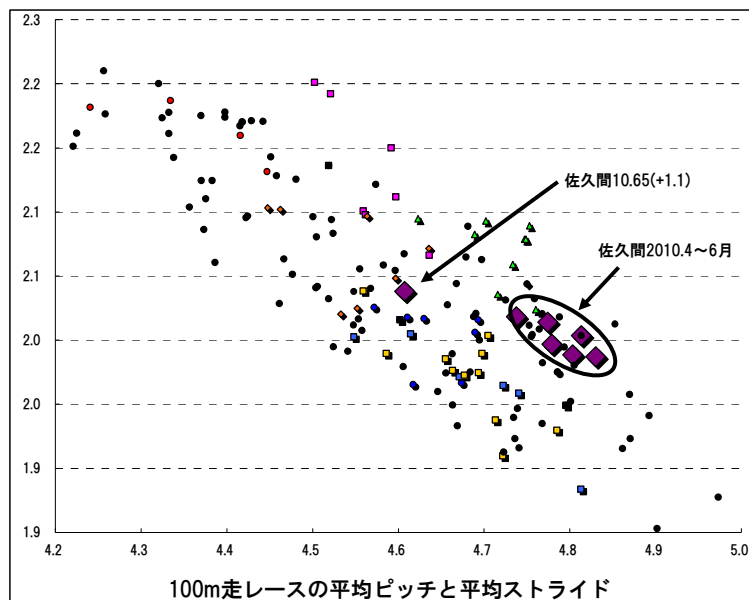
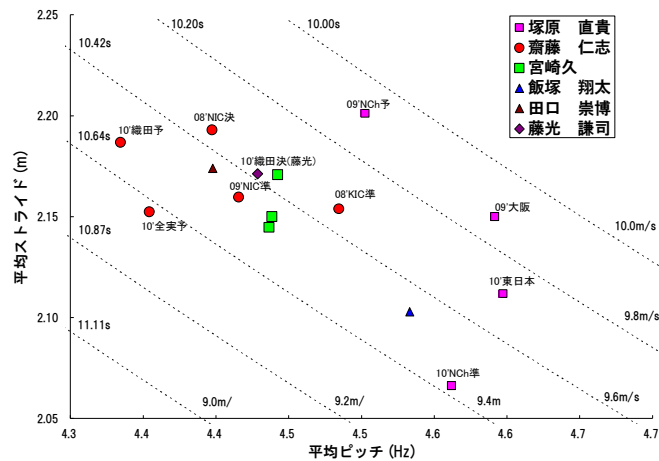


Fig12 Personal data

名前	期日	競技会名	ラウンド	競技記録(s)	風速(m)	総歩数	体重(kg)	備考
齋藤 仁志	2008/5/18	関東インカレ	準決勝	10.35	0.1	46.4	70.0	※DV(60fps)による分析
	2008/9/13	日本インカレ	決勝	10.36	0.0	45.6	68.5	※DV(60fps)による分析
	2009/9/4	日本インカレ	準決勝	10.49	0.7	46.3	70.8	
	2010/4/29	織田記念	予選	10.55	1.4	45.7		
	2010/9/26	全日本実業団	予選	10.67	0.6	46.5	69.6	
	2010/9/26	全日本実業団	準決勝	10.77	0.7	46.2	69.6	

TD (sec)	競技会名	ラウンド		0-30m	30-60m	60-100m	0-60m	0-100m	
	2008/5/18	関東インカレ	準決勝	区間タイム(sec)	3.96	2.73	3.67	6.69	10.35
				歩数(steps)	16.7	12.9	16.9	29.5	46.4
				疾走速度(m/s)	7.59	10.98	10.91	8.97	9.66
				ピッチ(Hz)	4.22	4.71	4.61	4.42	4.48
				ストライド(m)	1.80	2.33	2.37	2.03	2.15
	2008/9/13	日本インカレ	決勝	区間タイム(sec)	3.96	2.75	3.67	6.71	10.36
				歩数(steps)	16.6	12.7	16.3	29.3	45.6
				疾走速度(m/s)	7.59	10.91	10.91	8.95	9.64
				ピッチ(Hz)	4.20	4.62	4.44	4.37	4.40
				ストライド(m)	1.81	2.36	2.46	2.05	2.19
.567	2009/9/4	日本インカレ	準決勝	区間タイム(sec)	3.99	2.78	3.72	6.77	10.49
				歩数(steps)	16.8	13.0	16.6	29.7	46.3
				疾走速度(m/s)	7.52	10.80	10.75	8.87	9.54
				ピッチ(Hz)	4.20	4.67	4.46	4.39	4.42
				ストライド(m)	1.79	2.32	2.41	2.02	2.16
.563	2010/4/29	織田記念	予選	区間タイム(sec)	4.05	2.78	3.72	6.83	10.55
				歩数(steps)	16.6	12.7	16.4	29.3	45.7
				疾走速度(m/s)	7.42	10.78	10.74	8.79	9.48
				ピッチ(Hz)	4.11	4.55	4.41	4.29	4.33
				ストライド(m)	1.80	2.37	2.44	2.05	2.19
.557	2010/9/26	全日本実業団	予選	区間タイム(sec)	4.04	2.82	3.81	6.86	10.67
				歩数(steps)	16.8	13.1	16.5	30.0	46.5
				疾走速度(m/s)	7.43	10.63	10.50	8.75	9.37
				ピッチ(Hz)	4.17	4.65	4.33	4.37	4.35
				ストライド(m)	1.78	2.28	2.42	2.00	2.15
.587	2010/9/26	全日本実業団	準決勝	区間タイム(sec)	4.08	2.84	3.85	6.92	10.77
				歩数(steps)	16.8	13.0	16.4	29.8	46.2
				疾走速度(m/s)	7.36	10.55	10.39	8.67	9.29
				ピッチ(Hz)	4.13	4.56	4.25	4.31	4.29
				ストライド(m)	1.78	2.31	2.44	2.01	2.17
.517	2010/4/29	織田記念	B決勝	区間タイム(sec)	3.96	2.75	3.70	6.71	10.40
				歩数(steps)	16.6	12.7	16.7	29.3	46.1
				疾走速度(m/s)	7.58	10.92	10.82	8.95	9.62
				ピッチ(Hz)	4.19	4.64	4.52	4.38	4.43
				ストライド(m)	1.81	2.35	2.39	2.04	2.17
.597	2009/5/9	大阪GP	予選	区間タイム(sec)	3.93	2.64	3.56	6.57	10.13
				歩数(steps)	16.7	12.8	17.0	29.5	46.5
				疾走速度(m/s)	7.64	11.35	11.24	9.13	9.87
				ピッチ(Hz)	4.26	4.83	4.78	4.49	4.59
				ストライド(m)	1.79	2.35	2.35	2.03	2.15
.563	2009/6/27	日本選手権	予選	区間タイム(sec)	3.91	2.64	3.55	6.54	10.09
				歩数(steps)	16.3	12.6	16.5	29.0	45.4
				疾走速度(m/s)	7.69	11.38	11.27	9.17	9.91
				ピッチ(Hz)	4.18	4.79	4.64	4.43	4.50
				ストライド(m)	1.84	2.37	2.43	2.07	2.20
.547	2010/5/15	東日本実業団	決勝	区間タイム(sec)	3.90	2.72	3.68	6.63	10.30
				歩数(steps)	17.0	13.3	17.1	30.3	47.4
				疾走速度(m/s)	7.69	11.02	10.88	9.06	9.71
				ピッチ(Hz)	4.35	4.88	4.65	4.57	4.60
				ストライド(m)	1.77	2.26	2.34	1.98	2.11
.563	2009/6/27	日本選手権	予選	区間タイム(sec)	4.02	2.75	3.69	6.77	10.46
				歩数(steps)	16.4	12.8	16.8	29.2	46.0
				疾走速度(m/s)	7.47	10.90	10.84	8.86	9.56
				ピッチ(Hz)	4.09	4.65	4.54	4.32	4.40
				ストライド(m)	1.82	2.34	2.39	2.05	2.17
.547	2010/5/15	東日本実業団	決勝	区間タイム(sec)	3.96	2.72	3.69	6.68	10.37
				歩数(steps)	16.9	12.8	16.4	29.7	46.1
				疾走速度(m/s)	7.58	11.03	10.83	8.99	9.64
				ピッチ(Hz)	4.26	4.70	4.44	4.44	4.44
				ストライド(m)	1.78	2.35	2.44	2.02	2.17



100m走レースの平均ピッチと平均ストライド

Fig13 Personal data

女子は男子に比べて身長比のストライドは小さく、ピッチが高いことが重要であるとされている

が日本記録保持者である福島選手は高いピッチ(4.82Hz)を獲得している。しかし、元世界記録保持者のアシュフォード選手は福島選手よりストライドが大きく、高いピッチ (4.93Hz) であり、日本人もストライドとともによりピッチを高める必要性もあると考えられる。

100m をほぼ同条件で同じタイムで走った、女子ストライド型の中野選手、異なるピッチ I 型の阿部選手、ピッチ II 型の佐野選手を分析し、接地時間および滞空時間を示した。ストライド型の選手はピッチ I 型の選手と同様にやや接地時間を長くしながら減速局面を迎えているが、滞空時間をより長くしていることが特徴である。一方、ピッチ II 型の佐野選手は I 型の阿部選手と比較して接地時間を長くしながらも、滞空時間の増加を防ぎながら高いピッチを後半まで維持している。RJ-index の値が高いほど後半の失速が小さいことが報告(岩竹ら, 2002) されているが、実際に 3 選手においては RJ-index 値が高いストライド型の選手が前半型で、RJ-index 値が低いピッチ 2 型の選手が後半型である。こういった点も見逃さず、まずその選手のスプリント構造の現状を把握していなくてはならない。

5. まとめ

選手を評価するときに、本研究のようにまずレースの分析を行い、明らかになる沢山のデータをこれまでのデータとの関係性からレースおよび選手を解釈していかなければならない。ストライド型およびピッチ型にもさまざまなタイプがあり、それらのデータを利用しながら、選手と向かい合うことのできるコーチがいなくてはならない。それでなくては、科学的データによる選手への評価はマイナスの効果がある可能性がある。たとえば、本研究で示されたように 100m の記録で 10 秒 8 台ぐらいからジャンプとの関係が低くなり、スプリントに特異的な力発揮がされることが明らかになり、10 秒 8 以下の選手および女子選手においては異なる視野を持ってデータを検討していかななくてはならない。しかし、男子のトップレベルほど、個別でパフォーマンスの決定要因を判断しながら、個別性に応じたトレーニングの必要性を示すものであると考えられる。

これまで世界一流選手との比較から断片的な研究報告では、日本人が 9 秒台で走るには、前半型のレースパターンを後半型へ、最大疾走速度を大きく改善することが必要であると指摘されていた。しかし、本研究から固有のストライドとピッチの型でできるだけ早期に上手く高い最大速度につなげ、短い接地時間と滞空時間を獲得しながら、ピッチを落とさず後半の失速を抑えるようなレースパターンが、日本人がファイナリストになる条件であることが示された。

6. 現場への示唆と今後の課題

本研究では、トレーニングの現場と研究現場を共有し、選手の筋力、形態およびジャンプテストを行い、競技パフォーマンスと関連付けをしながらトレーニング動向を把握した。図 14 には、スプリントトレーニングへの科学的データの活用法の従来型および新規型のモデルを示した。

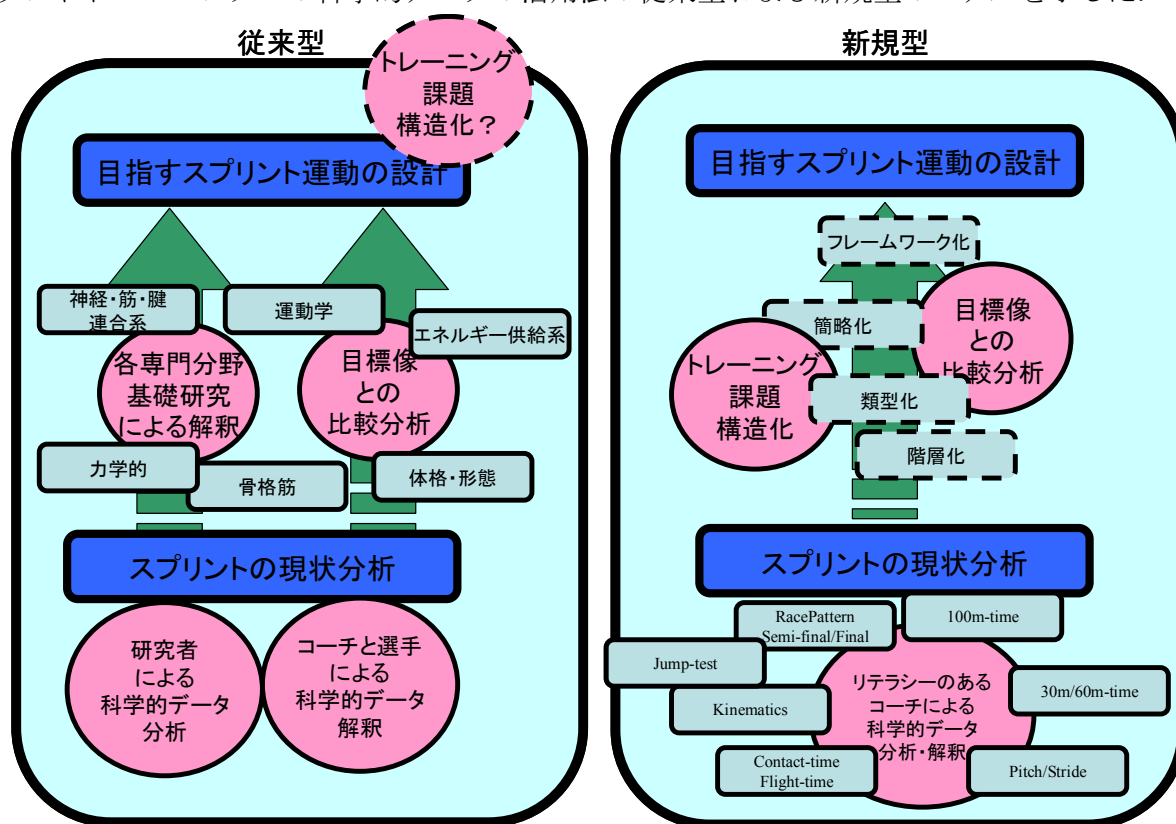


Fig14 The method of scientific data application in sprint performance

従来型の科学的データ利用法は、研究者によって何ヶ月もかけて分析されたデータを収集し、コーチと選手の経験知のから解釈され、研究者とコーチのそれぞれがスプリントの分析・解釈をしてきたため、時間的に合わず現状分析がおこなえなかった。またそれを目標像との比較からさまざまな研究分野の解釈と照らし合わせ、目指すスプリント運動の設計をおこなってきた。現場では、そのためのトレーニング課題の構造化、手段、方法、計画に及び、現状分析に基づき実践していくというマネジメントのプロセスをたどることになっていた。しかし、新規型では、試合のパフォーマンス分析をピッチやストライドおよび接地時間などのさまざまな視点から即座にフィードバックし、これまでの数多い事例によって得られたデータと比較して現状分析がなされる。数多いデータと各個人のこれまでのデータから、レース直後に目標像との比較分析が行なわれる。試合直後にフィードバックすることで、スプリント運動構造が①階層化②類型化③簡略化④フレームワーク化されてトレーニング課題の構造化がおこなわれ、目指すスプリント運動が必然的に設計されていくものと考えられる。しかし、科学的データがレース終了直後にコーチにフィードバックされ、選手のスプリント運動を設計するには、本研究で示したような科学的データをコーチが解釈できるようにし、レースでのパフォーマンスを客観的にそして俯瞰的に観察することで短・中・長期的な目標に向かって、次の日からのトレーニング課題が構造化されておこなうてはならない。すなわち、科学的データを多く取ることだけでなく、研究者は本研究のようなデータの示し方を行い、データの解

釈の仕方をコーチと話し合わなければならない。したがって、今後は提供されるデータを解釈できるようなリテラシーあるコーチもしくは選手の育成（選手は経験重視のため、相当の期間と経験が豊富でなければ難しいが）が最も重要になってくる。

本研究の結果から、100m の科学データが各競技パフォーマンスレベルが高まるほど、従来型のデータ利用の仕方をコーチは変えなくてはならないことが示された。世界大会で 100m のファイナリストになるためには、トレーニング方法にこれまで研究で示されているような一般的なトレーニング効果を望むのではなく、レースそのものから科学的データの蓄積と解釈をおこない、新たなスプリント構造を設計し、個別的なトレーニングを再構築することが必要であると考えられる。また、本研究のように日本を代表する選手を今後とも追跡調査することで、より明確に選手の発達モデルを提示していき、本当の意味でのトップレベル競技者の科学的トレーニングの基礎が構築されることが考えられる。

参考文献

- 阿江通良・鈴木美沙緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖（1994）世界一流スプリンターの 100m レースパターンの分析－男子を中心に－. 世界一流陸上競技者の技術, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良（監修）, ベースボール・マガジン社：東京, pp.14-28.
- Chu, D. and Korchemny, R. (1993) Sprinting stride actions : Analysis and evaluation. Natural Strength and Conditioning Association Journal, 15 : 48-53.
- Delecluse, C., Van Coppenolle, C., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R. and Goris, M. (1995) Infukence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. Med. Sci. Sports Exerc. 27 : 1203-1209.
- 羽田雄一・阿江通良・榎本靖士・法元康二・藤井範久（2003） 100m 走における疾走スピードと下肢関節キネティクスの変化. バイオメカニクス研究, 7 : 193-204.
- 伊藤 章・斎藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之（1994）世界一流スプリンターの技術分析, 世界一流競技者の技術. ベースボール・マガジン社：東京, pp. 31-49.
- 伊藤 章・市川博啓・斎藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道（1998）100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43 : 260-273.
- 岩竹 淳・鈴木朋美・中村夏実・小田宏行・永澤 健・岩壁達男（2002） 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. 体育学研究, 47 : 253-261.
- Marcom A., Benke B., Lloud C., Tony H., Mann R., Paff D., Ramogida G. and Tyler K. (2010) European Sprint & Hurdles Conference, London, 2010.
- 松尾彰文・持田 尚・法元康二・小山宏之・阿江通良(2010)ボルト選手 100m の世界記録時におけるピッチ変化. スプリント研究, 20 : 83 - 85.
- 村木征人・伊藤浩志・半田佳之・金子元彦・成万 祥（1999）高強度領域での主観的努力度の変化がスプリント・パフォーマンスに与える影響. スポーツ方法学研究, 12 : 59-67.
- 中田和寿・阿江通良・宮下 憲・横澤俊治（2003）バイオメカニクスデータを活用した短距離疾走動作の改善. 陸上競技学会誌, 1 : 30-38.
- 土江寛裕・小林海・持田 尚・杉田正明・柳谷登志雄・広川龍太郎・松尾彰文（2010）世界選手権 Osaka2007 における男子 200m の走速度およびピッチ・ストライド分析. 陸上競技研究紀要, 6 : 72 - 84.
- 図子浩二・永原 隆・石井泰光（2007）スプリントパフォーマンスの向上に対するプライオメトリックスの可能性. スプリント研究, 17 : 21-31.