

2011年度女子100mレースにおける疾走スピード、 ピッチおよびストライドの変化

山本真帆¹⁾ 松尾彰文¹⁾ 松林武生¹⁾ 貴嶋孝太¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 柳谷登志雄³⁾
渡辺圭佑⁴⁾ 綿谷貴志⁵⁾ 麻場一徳⁶⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 東海大学 3) 順天堂大学 4) 順天堂大学大学院
5) 鹿屋体育大学連携大学院 6) 都留文科大学

1. はじめに

100mのレースでは、スタート直後にスピードの顕著な上昇がみられ、この上昇傾向が次第に小さくなり最高スピードに達した後、フィニッシュまで徐々に低下していく。我々はこれまでに、最高スピードと記録の間に高い相関があることを報告してきた。また、多くの選手がスタート直後にピッチを高め、その後ストライドを長くしながら最高スピードに至っていることを報告した。2009年までは、10m区間ごとの平均値として疾走スピード、ピッチおよびストライドの算出を行ってきたが、それぞれの区間で右と左のステップ数が異なることから、2010年からはピッチとストライドの関係を、4ステップごとの平均値として報告してきた。本報告では、2011年に国内で開催された日本選手権など主要7大会における女子100mレースを分析し、スピード、ピッチおよびストライドの変化について報告する。また、今年より算出した逓減率について検討する。

2. 方法

測定を行なったのは、織田記念(4月29日)、セイコーゴールデングランプリ川崎(6月4-5日)、日本選手権(6月9-12日)、布勢スプリント(6月26日)、アジア選手権(7月7-10日)における予選から決勝までの女子100mのレースであった。それぞれのラウンドで、シードレーンを優先して、1レース3-4名を測定対象として選んだ。結果的にのべ47レース(11.16秒から11.91秒まで)のデータを得た。

疾走スピードの計測

疾走スピードの計測には、レーザー式走速度測定装置(ラベック)を用いた。スタート後方に同装置を設置して、スタートからフィニッシュまでの選手の移動距離を1/100秒ごとに測定した。得られたデータから、10mごとの通過タイムと区間平均速度を算出した。

ピッチとストライドの算出

2-4台のハイスピードビデオカメラ(Casio Exilim EX-F1 299.7fps)を用いて側方および前方からレースを撮影し、取得した映像からピッチを分析した。1ステップ目からフィニッシュ後1ステップまでの接地フレームを判別し、この間のフレーム数から1歩ごとのピッチを算出したのち、4ステップごとに平均した。

ストライドは、ラベックで求めた時間-距離関係と、ハイスピード映像から判別した各歩の接地のタイミングから推定し、ピッチと同様に4ステップごとに平均した。フィニッシュ直前の区間で4ステップに満たない場合は、その部分の指標はデータに含めなかった。なお、映像とラベックデータの同期には、映像に映しこんだスタート信号(スタートピストルの閃光)を利用した。

逓減率の算出

最高スピードからフィニッシュまでの疾走スピードの低下を表したのが、逓減率である。ラベックデータより得られた10mごとの疾走スピードを用いて、最高スピード到達点から90m-100m区間までのスピードの低下率を算出し、これを逓減率とした。

3. 結果と考察

スピードの変化

表1に、測定データの中でフィニッシュタイムが良かった上位10名の疾走スピード分析結果を示した。最高スピードが最も高かったのは、福島選手の10.21m/sであり、2011年のレースで10.00m/sを超えた女子選手は福島選手だけであった。追い風参考となったレースが多数あったため、表2には参考記録も含めた上位5名の分析結果を示した。これらのレースでは、全選手が最高スピードが10.00m/s以上に達していた。

松尾ら(2010)によると、最高スピードはフィニッシュタイムと有意な相関関係にあることが報告されている。本年度のデータにおいても、この関係は認められた($p < 0.01$, 図1)。

上位10名の選手の全レース(のべ23レース)で最高スピード到達点をみてみると、平均で51.1mであった。同一選手の複数のレース間で最高スピード到達点を比較してみたが、フィニッシュタイムとの一定の関係は認められなかった。到達点よりも、最高スピードそのものの方が、やはりフィニッシュタイムとの関係が深いようである。

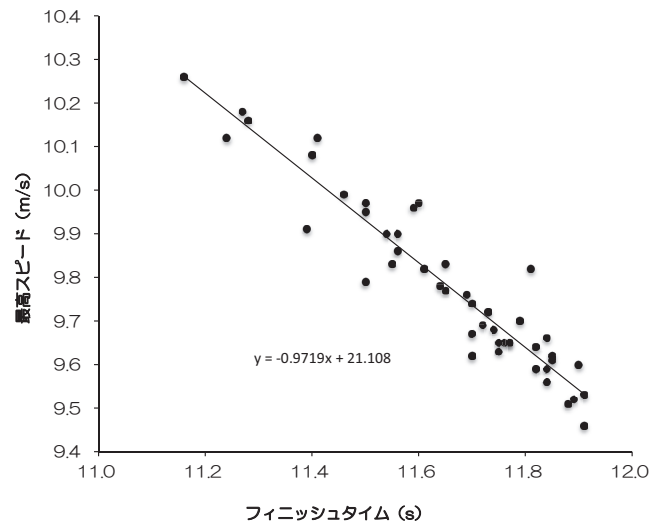


図1 2011年のレースにおける最高スピードと記録の関係

最高スピード時のピッチとストライド

表3に、フィニッシュタイムが上位10名の、最高スピード時のピッチとストライド、最高ピッチとその到達点、最高ストライドとその到達点をそれぞれ示した。また上位10名の平均値、標準偏差、最小値、最高値を示した。全23レースの総ステップ数をみてみると、平均で52.0歩であった。ステッ

表1 上位10名における10m区間ごとにみたラップタイムとスピード変化

日付	氏名	大会名	ラウンド	風	記録	最高スピード	到達点	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m		
1	2011/6/26	福島千里	布勢スプリント	予選	-0.3	11.24	10.12	55	time(s)	1.99	3.11	4.15	5.15	6.16	7.14	8.14	9.15	10.19	11.24
									lap(s)	1.99	1.12	1.04	1.00	1.01	0.98	1.00	1.01	1.04	1.05
									speed(m/s)	5.02	8.92	9.65	9.97	9.96	10.12	10.08	9.86	9.62	9.51
2	2011/6/10	市川華菜	日本選手権	予選	+0.6	11.55	9.83	45	time(s)	2.07	3.24	4.31	5.36	6.37	7.40	8.42	9.44	10.48	11.55
									lap(s)	2.07	1.17	1.07	1.05	1.01	1.03	1.02	1.02	1.04	1.07
									speed(m/s)	4.83	8.55	9.29	9.60	9.83	9.76	9.82	9.77	9.59	9.37
3	2011/4/29	渡辺真弓	織田記念陸上	B決勝	+2.0	11.59	9.96	45	time(s)	2.05	3.19	4.25	5.27	6.28	7.29	8.32	9.38	10.47	11.59
									lap(s)	2.05	1.14	1.06	1.02	1.01	1.01	1.03	1.06	1.09	1.12
									speed(m/s)	4.88	8.75	9.44	9.81	9.96	9.88	9.66	9.45	9.20	8.92
4	2011/7/7	岡部奈緒	アジア選手権	予選	+1.0	11.64	9.78	55	time(s)	2.08	3.24	4.31	5.35	6.38	7.40	8.43	9.48	10.55	11.63
									lap(s)	2.08	1.16	1.07	1.04	1.03	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08
									speed(m/s)	4.82	8.58	9.35	9.64	9.70	9.78	9.69	9.56	9.37	9.19
5	2011/4/29	北風沙織	織田記念陸上	予選	+2.0	11.65	9.77	45	time(s)	2.03	3.17	4.24	5.28	6.31	7.33	8.37	9.44	10.53	11.65
									lap(s)	2.03	1.14	1.07	1.04	1.03	1.02	1.04	1.07	1.09	1.12
									speed(m/s)	4.94	8.73	9.39	9.57	9.77	9.74	9.62	9.40	9.17	8.89
6	2011/5/8	高橋萌木子	GGP川崎	決勝	-0.4	11.70	9.67	65	time(s)	2.11	3.28	4.37	5.41	6.45	7.48	8.52	9.56	10.62	11.70
									lap(s)	2.11	1.17	1.09	1.04	1.04	1.03	1.04	1.04	1.06	1.08
									speed(m/s)	4.74	8.55	9.18	9.56	9.67	9.67	9.67	9.58	9.41	9.29
7	2011/4/29	佐野夢加	織田記念陸上	予選	+2.0	11.70	9.74	45	time(s)	2.07	3.22	4.29	5.33	6.35	7.38	8.43	9.50	10.58	11.70
									lap(s)	2.07	1.15	1.07	1.04	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08	1.12
									speed(m/s)	4.84	8.69	9.36	9.60	9.74	9.72	9.56	9.35	9.22	8.94
8	2011/6/10	清水めぐみ	日本選手権	予選	+0.3	11.75	9.63	55	time(s)	2.03	3.20	4.28	5.33	6.37	7.40	8.46	9.54	10.64	11.75
									lap(s)	2.03	1.17	1.08	1.05	1.04	1.03	1.06	1.08	1.10	1.11
									speed(m/s)	4.93	8.56	9.26	9.53	9.62	9.63	9.43	9.30	9.10	9.00
9	2011/6/10	土井杏南	日本選手権	予選	+0.6	11.75	9.65	45	time(s)	2.08	3.23	4.29	5.33	6.36	7.41	8.46	9.54	10.63	11.75
									lap(s)	2.08	1.15	1.06	1.04	1.03	1.05	1.05	1.08	1.09	1.12
									speed(m/s)	4.80	8.71	9.45	9.62	9.65	9.57	9.50	9.31	9.15	8.92
10	2011/4/29	岡山沙英子	織田記念陸上	B決勝	+2.0	11.81	9.82	55	time(s)	2.20	3.40	4.49	5.53	6.56	7.58	8.61	9.65	10.72	11.81
									lap(s)	2.20	1.20	1.09	1.04	1.03	1.02	1.03	1.04	1.07	1.09
									speed(m/s)	4.54	8.38	9.19	9.55	9.74	9.82	9.73	9.55	9.35	9.19

表2 追い風参考記録も含めた上位5名における10m区間ごとにみたラップタイムとスピードの変化

順位	日付	氏名	大会名	ラウンド	風	記録	最高スピード	到達点	10m区間ごとのラップタイムとスピード										
									10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	
1	2011/6/26	福島千里	布勢スプリント	予選	+3.4	11.16	10.26	45	time(s)	1.99	3.10	4.11	5.10	6.07	7.06	8.07	9.08	10.10	11.16
									lap(s)	1.99	1.11	1.01	0.99	0.97	0.99	1.01	1.01	1.02	1.06
									speed(m/s)	5.01	9.08	9.83	10.14	10.26	10.10	9.97	9.86	9.77	9.46
2	2011/4/29	Melissa Breen	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.27	10.18	55	time(s)	2.05	3.21	4.25	5.25	6.24	7.22	8.21	9.21	10.23	11.27
									lap(s)	2.05	1.16	1.04	1.00	0.99	0.98	0.99	1.00	1.02	1.04
									speed(m/s)	4.89	8.62	9.59	10.01	10.09	10.18	10.15	9.97	9.79	9.62
3	2011/4/29	市川華菜	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.28	10.16	65	time(s)	2.07	3.23	4.27	5.29	6.28	7.28	8.26	9.26	10.26	11.28
									lap(s)	2.07	1.16	1.04	1.02	0.99	1.00	0.98	1.00	1.00	1.02
									speed(m/s)	4.83	8.61	9.61	9.84	10.05	10.04	10.16	10.04	9.97	9.82
4	2011/4/29	北風沙織	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.4	10.08	55	time(s)	2.07	3.22	4.26	5.27	6.26	7.25	8.25	9.28	10.33	11.40
									lap(s)	2.07	1.15	1.04	1.01	0.99	0.99	1.00	1.03	1.05	1.07
									speed(m/s)	4.83	8.72	9.57	9.94	10.06	10.08	9.99	9.78	9.53	9.30
5	2011/4/29	高橋萌木子	織田記念陸上	A決勝	+2.6	11.41	10.12	65	time(s)	2.12	3.29	4.36	5.38	6.38	7.37	8.36	9.36	10.38	11.41
									lap(s)	2.12	1.17	1.07	1.02	1.00	0.99	0.99	1.00	1.02	1.03
									speed(m/s)	4.72	8.54	9.35	9.81	9.94	10.09	10.12	10.04	9.82	9.69

表3 上位10名における最高スピード時のピッチとストライドおよび最高ピッチと到達点, 最高ストライドと到達点, 遞減率

順位	日付	氏名	記録	風	ステップ数	最高スピード区間				最高ピッチ区間		最高ストライド区間		遞減率		
						スピード	到達点	ピッチ	ストライド	ピッチ	到達点	ストライド	到達点	遞減率	0%の記録	記録との差
						m/s	m	s/s	m	s/s	m	m	m	%	秒	秒
1	2011/6/26	福島千里	11.24	-0.3	53.4	10.13	55	4.97	2.04	4.97	30.7	2.05	71.2	5.97	11.10	0.14
2	2011/6/11	福島千里	11.39	-0.6	54.5	9.90	55	5.05	1.96	5.06	53.8	1.99	45.9	4.49	11.30	0.09
3	2011/4/29	福島千里	11.50	-0.9	50.4	9.94	35	4.72	2.10	4.78	23.4	2.29	92.2	11.27	11.20	0.30
4	2011/6/10	福島千里	11.50	+0.4	52.0	9.79	45	4.77	2.05	4.78	39.2	2.13	89.0	5.95	11.39	0.11
5	2011/6/10	市川華菜	11.55	+0.6	49.4	9.84	45	4.41	2.22	4.54	85.9	2.24	94.6	4.61	11.46	0.09
6	2011/5/8	福島千里	11.56	-0.4	52.9	9.89	55	4.85	2.03	4.93	71.3	2.10	79.5	13.42	11.35	0.21
7	2011/4/29	渡辺真弓	11.59	+2.0	53.3	9.98	45	4.79	2.07	4.89	22.6	2.09	38.6	10.41	11.30	0.29
8	2011/6/11	市川華菜	11.61	-0.6	49.9	9.80	55	4.45	2.20	4.49	59.2	2.22	50.4	5.38	11.48	0.13
9	2011/7/7	岡部奈緒	11.64	+1.0	51.0	9.77	55	4.56	2.14	4.70	31.7	2.17	82.8	6.02	11.49	0.14
10	2011/4/29	北風沙織	11.65	+2.0	58.8	9.77	45	5.32	1.84	5.42	26.9	1.88	56.0	8.96	11.42	0.23
11	2011/4/29	岡部奈緒	11.69	+0.1	51.3	9.75	55	4.57	2.13	4.70	31.7	2.14	65.5	7.21	11.52	0.17
12	2011/4/29	佐野夢加	11.70	+2.0	52.6	9.75	65	4.46	2.16	4.81	39.4	2.08	47.6	3.88	11.62	0.08
13	2011/5/8	高橋萌木子	11.70	-0.4	51.0	9.70	45	4.72	2.06	4.70	31.4	2.16	65.3	8.22	11.49	0.22
14	2011/4/29	高橋萌木子	11.72	+0.1	51.6	9.69	55	4.58	2.12	4.72	22.9	2.14	73.1	4.50	11.61	0.11
15	2011/4/29	渡辺真弓	11.73	+0.1	53.8	9.71	45	4.80	2.02	4.93	15.3	2.03	62.8	10.95	11.46	0.27
16	2011/6/11	岡部奈緒	11.74	-0.6	51.4	9.68	55	4.57	2.11	4.68	31.5	2.15	48.2	6.29	11.57	0.16
17	2011/6/10	清水めぐみ	11.75	+0.3	49.3	9.65	55	4.35	2.21	4.51	17.3	2.21	51.6	6.57	11.56	0.19
18	2011/6/10	土井杏南	11.75	+0.6	54.4	9.68	45	4.79	2.02	4.95	22.1	2.03	45.5	7.57	11.55	0.20
19	2011/7/7	市川華菜	11.76	+0.3	49.8	9.65	55	4.44	2.16	4.47	58.9	2.21	93.6	5.94	11.64	0.11
20	2011/5/8	渡辺真弓	11.77	-0.4	54.2	9.67	45	4.86	1.98	4.91	14.9	2.01	38.0	7.61	11.57	0.20
21	2011/6/10	佐野夢加	11.77	+0.3	52.1	9.65	55	4.59	2.10	4.81	15.4	2.10	55.9	6.81	11.59	0.18
22	2011/7/8	岡部奈緒	11.79	+1.9	51.1	9.70	55	4.52	2.14	4.59	23.4	2.14	56.9	6.00	11.60	0.18
23	2011/4/29	岡山沙英子	11.81	+2.0	48.3	9.87	55	4.29	2.30	4.39	16.8	2.33	97.3	6.39	11.65	0.16
平均値(n=23)			11.65	+0.4	52.0	9.78	51.1	4.67	2.09	4.77	34.2	2.13	65.3	7.15	11.47	0.17
標準偏差			0.14	+1.0	2.3	0.12	6.6	0.24	0.10	0.23	19.2	0.10	19.1	2.42	0.15	0.06
最小値			11.24	-0.9	48.3	9.65	35	4.29	1.84	4.39	14.9	1.88	38.0	3.88	11.10	0.08
最高値			11.81	+2.0	58.8	10.13	65	5.32	2.30	5.42	85.9	2.33	97.3	13.42	11.65	0.30

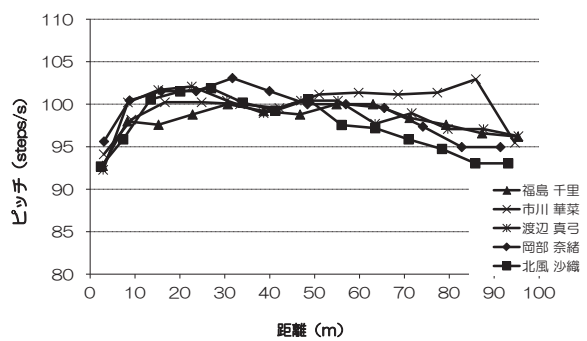
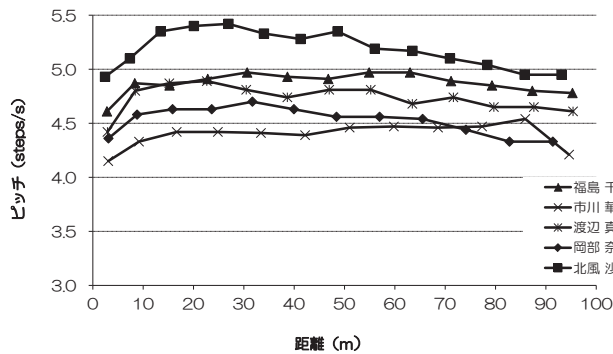
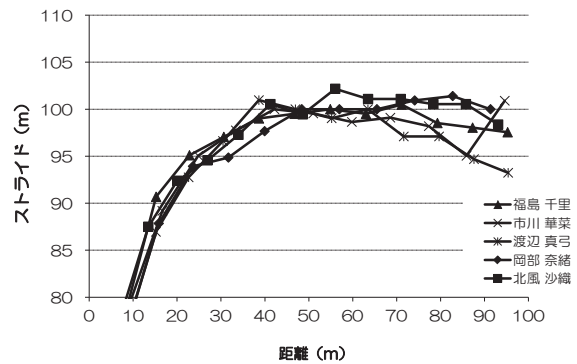
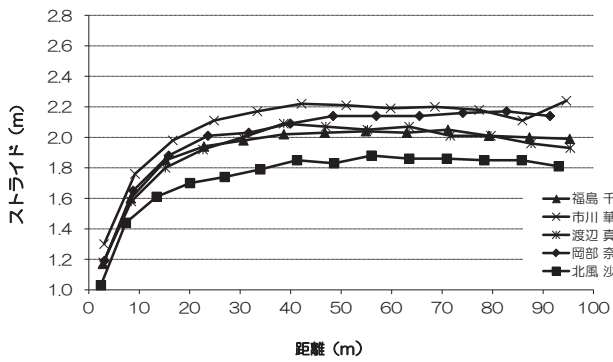


図2 上位5名におけるピッチとストライドの変化

図3 上位5名における最高スピード時を100%に規格化したピッチとストライドの変化

ブ数の最小値は岡山選手の48.3歩であり、最大値は北風選手の58.8歩であった。北京オリンピック金メダリストのFraser選手が10.73秒で走った時の総ステップ数は49.8歩であり、最高スピード到達時のピッチは4.92s/s、ストライドは2.18mであった。これは日本選手のピッチの最高値およびストライドの最高値と同程度であるが、これを同時に実現することで、10.75m/sという高い疾走スピードに到達していた。2010年に日本ランク2位であった高橋選手は、最高スピード到達点のピッチの最高値は4.67s/s、ストライドの最高値は2.24mであったが(松尾ら 2010)、2011年にはピッチはほぼ同程度であったものの、ストライドが2.15mとやや短くなっていた。

ピッチとストライドの変化

図2には、上位5名のレース中のピッチとストライドの変化を示した。また最高スピード時のピッチおよびストライドを100%として規格化したものを図3に示した。最高スピード到達点以降フィニッシュまでのピッチの減少は平均4.82%であったのに対し、ストライドの減少は平均3.16%であった。ストライドと比較してピッチの方が有意に低下していた($p < 0.05$)。減速期にピッチの低下を抑えることで、スピードの低下を小さくすることができるかもしれ

ない。

最高スピード到達点と最高ピッチおよび最高ストライド到達点の関係についても検討した。23例中19例がスピードより前にピッチが最高値に到達し、その平均は最高スピード到達より16.9m前方であった。また23例中16例がスピードより後にストライドが最高値に到達し、その平均は最高スピード到達より14.2m後方であった。レース後半の減速期には、ピッチが低下し続けるのにも関わらず、疾走スピードがそれほど低下しないのは、ストライドの最高値が最高スピード到達点より後方に出現するためであると考えられる。

逓減率

表3に、上位10名の逓減率と、逓減率0%であった場合の記録、実際の記録との差を合わせて示した。

上位10名の逓減率は平均7.15%であった。疾走スピードの低下による記録低下への影響は、平均して0.17秒であった。レース後半はピッチもストライドも低下するため、疾走速度の低下は避けられない。レース分析の資料として逓減率を提示することの是非については、今後検討が必要であるが、疾走スピードの低下を抑えることを戦略として考えるならば、有効な資料になり得るかもしれない。

4. まとめ

100mのレース分析として、10mごとのスピード変化、および4ステップサイクルごとにみたピッチとストライドの変化、最高スピード到達点とピッチ、ストライドの関係について検討した。データは2011年に国内で開催された日本選手権など主要7大会で収集されたものであった。結果は以下のようになった。

①選手内で比較しても、最高スピードの到達点はさまざまであった。よって、最高スピードに到達する区間と記録との関連は弱く、最高スピードがどの程度であるかの方が重要であると考えられた。

②記録と最高スピードの間には、従来の報告通り有意な相関関係が認められた。

③減速期には、ピッチおよびストライドはフィニッシュまで低下し続けるが、その低下率はストライドよりピッチの方が有意に大きかった。

参考文献

松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 持田尚, 杉田正明, 松林武生, 貴嶋孝太, 川崎知美, 苅部俊二, 土江寛裕, 清田浩伸, 麻場一徳, 中村宏之 (2011) 100mレースにおける4ステップごとにみたスピード, ピッチおよびストライドの変化, 日本陸上競技研究紀要, 7: 21-29.

Matsuo, A., Tsuchie, H., Yanagiya, T., Hirokawa, R., Sugita, M., Ae, M: Analysis of speed patterns in 100-m sprints, 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 218-222, 2010.