

十種競技選手の 100m レース分析 ～ 2009 年から 2016 年まで～

大家利之¹⁾ 松林武生¹⁾ 山中亮¹⁾ 輪島裕美¹⁾ 荻根澤千鶴²⁾ 持田尚³⁾ 松田克彦⁴⁾
本田陽⁵⁾ 杉田正明⁶⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 日本大学 3) 帝京科学大学 4) 名古屋学院大学 5) 中京大学
6) 三重大学

1. はじめに

日本陸上競技連盟・科学委員会混成班では、2009年より競技会での十種競技選手のパフォーマンス分析を始め、これまでにデータを蓄積してきた。日本陸上競技連盟・混成強化部において、高い走能力（スプリント能力）の改善が十種競技の記録向上に対して、重要な要素の1つであると捉えられていることを踏まえて、科学班の分析に関しても、スプリント能力と競技パフォーマンスとの関連が強いと考えられる、100m、走幅跳、400m、及び110mハードルを重点的に行ってきた。我々は2014年度、右代啓祐選手（スズキ浜松AC：以下、右代選手）と中村明彦選手（スズキ浜松AC：以下、中村選手）の2009年から2014年までの6年間のスプリント能力の経年変化と、各種目の記録への影響について検討した。両選手ともに100mでは、走速度ピークの改善が記録向上の主要因となっていることを報告した（松林ら、2014）。

本報告では、2009年から2016年までの十種競技会における、右代選手と中村選手の100mについて、ピッチ及びストライドに着目してレースを分析する。

2. 方法

2009年から2016年までに、国内外17の競技会において測定を実施した。測定対象としたこれらのデータ収集活動は、日本陸上競技連盟・混成強化部および各競技会開催県の陸上競技協会の協力のもとに行った。測定機器や競技会運営上の問題のために、一部データが得られなかった場合もあった。

2-1. 疾走速度の分析

100mレース中の走速度は、レーザードップラ方式の距離・走速度測定装置（100 Hz、Laveg、JENOPTIK 社製）を用いて測定した。スタート位置後方より選手の腰背部へ不可視レーザーを照射し、得られた時間-距離情報とフィニッシュタイムとの関係を利用してスタートから10mごとの通過時間と区間走速度を算出した（松尾ら、2009；松林ら、2012）。データの平滑化には遮断周波数0.5 Hzのバターワースローパスフィルタを用いた。10mごとの区間走速度の中で最も高い走速度を最高走速度とした。

2-2. ピッチおよびストライドの分析

ピッチは、観客席から撮影したハイスピードカメラ（Exilim、casio社製、299.7 fps、またはLumix FZ-200、panasonic社製、239.76 fps）の映像を用いて分析した。ピッチは、スタート直後、地面に足が接地した最初の1歩からフィニッシュ直後の接地まで、4歩ごとの時間を算出し、これの逆数を算出することにより4歩ごとのピッチ数を求めた（松尾ら、2011）。フィニッシュ直前の区間で、4歩に満たなかった場合は、4歩ごとの分析対象から除外した。

ストライドは、レーザードップラ方式の距離・走速度測定装置で測定した、時間-距離情報と、4歩ごとの接地の時間とを合わせることで4歩ごとのストライドを算出した。フィニッシュ直前の区間で、4歩に満たなかったデータは、分析から除外した。

なお、10mごとに算出した走速度と、4歩ごとに算出したピッチ及びストライドとは、分析区間が厳密には一致しないが、4歩ごとのピッチとストライドを掛け合わせた値（4歩ごとの走速度）が最大と

なった時のピッチとストライドの値を、最高走速度時のピッチとストライドとして分析した。

2-3. 統計

統計処理には、統計処理ソフトウェア (SPSS22.0 for Windows) を用いた。100m レースにおける最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの相関関係については、Pearson の積率相関係数を算出した。有意水準は危険率 5% 未満とした。なお、2013 年の日本選手権は、右代選手のレース時の風が -2.8m/秒 、中村選手のレース時の風が -4.3m/秒 であり、走速度が他のレースと比較して著しく低いことから、2013 年の日本選手権のデータは、除外して統計処理を行った。

3. 結果と考察

表 1 に 2009 年から 2016 年までの 100m レースにおける 10m ごとの通過時間及び走速度を示した。右代選手は、2014 年の仁川アジア大会の 11.10 秒 (風 $+2.1\text{m/秒}$) が最も良い記録であった。中村選手は、2015 年の日本選抜陸上和歌山大会 (以下: 和歌山) の 10.52 秒 (風 $+2.4\text{m/秒}$) が最も良い記録であった。十種競技の分析を始めた 2009 年と比較すると、両選手ともにスプリント能力が向上している (松林ら、2014)。

表 2 に 4 歩ごとに求めたピッチ及びストライドの分析結果を示した。図 1 に右代選手の 100m レースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係を、図 2 に最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの関係を示した。右代選手が 11.10 秒を記録した仁川アジア大会でのレースは、最高走速度が 10.34m/秒 であり (表 1)、最高走速度時のピッチは 4.38 歩/秒、ストライドは 2.36m であった (図 1)。右代選手の 100m レース時の最高走速度と最高走速度時のピッチとの間には、有意な強い正の相関関係があった (図 2: 上段)。右代選手が 11.10 秒を記録した仁川アジア大会の最高スピード時のピッチは、右代選手のレースの中で最も高いピッチであった (図 1)。右代選手の 100m の記録向上には、ピッチが高まることで最高走速度が向上したことが寄与したと考えられる。

図 3 に中村選手の 100m レースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係を、図 4 に最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの関係を示した。中村選手が 10.52 秒を記録した和歌山でのレースは、最高走速度が 10.90m/秒 であ

り (表 1)、最高走速度時のピッチは 4.78 歩/秒、ストライドは 2.28m であった (図 3)。中村選手の 100m レース時の最高走速度と最高走速度時のピッチ及びストライドとの間には、有意な相関関係はなかった。2011 年の日本選手権においても、中村選手の最高走速度時のストライドは、中村選手が最も良い記録を出した 2015 年和歌山と同じ 2.28m であった。しかしながら、2011 年時は、最高走速度時のピッチが低く、最高走速度が低かったため、記録も 2015 年程ではなかったと言える。2013 年以降は、最高走速度時のピッチは、おおよそ 4.80 歩/秒を超えるようになり (2013 年の日本選手権を除く: 風 -4.3m/秒)、高いピッチを獲得できるようになったことが 2015 年での好記録につながった可能性があると考えられる。

参考文献

- 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、杉田正明 (2009) 2008 年男女 100m、110m ハードルおよび 100m ハードルのレース分析. 陸上競技研究紀要, 5: 50-62.
- 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、荻部俊二、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. 陸上競技研究紀要, 7: 21-29.
- 松林武生、持田尚、本田陽、松田克彦 (2012) 陸上競技・混成選手のパフォーマンス分析. トレーニング科学, 24: 27-35.
- 松林武生、持田尚、松田克彦、本田陽、杉田正明 (2014) 十種競技選手の スプリント能力と個別種目パフォーマンスとの関係. 陸上競技研究紀要, 10: 122-130.

表1 100m レースにおける10m ごとの通過時間及び走速度

選手名	記録	大会	上段:通過時間 [秒]			下段:区間走速度 [m/秒]						
			10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
右代啓祐	11.32	和歌山	2.02	3.14	4.16	5.17	6.16	7.16	8.17	9.2	10.25	11.32
	(-1.3)	2016.4.30	4.96	8.94	9.73	9.97	10.03	10.04	9.93	9.72	9.53	9.31
	11.35	日本選手権	2.07	3.19	4.22	5.21	6.20	7.19	8.19	9.22	10.27	11.35
	(+0.3)	2015.7.4	4.84	8.93	9.70	10.06	10.15	10.08	9.95	9.75	9.57	9.22
	11.18	和歌山	2.03	3.15	4.18	5.17	6.15	7.12	8.11	9.11	10.13	11.18
	(+1.7)	2015.4.25	4.93	8.92	9.74	10.09	10.23	10.25	10.15	10.01	9.80	9.49
	11.10	仁川アジア大会	2.03	3.14	4.15	5.13	6.10	7.07	8.04	9.03	10.04	11.10
	(+2.1)	2014.9.30	4.93	9.01	9.86	10.21	10.33	10.34	10.25	10.07	9.92	9.46
	11.24	日本選手権	2.07	3.19	4.22	5.21	6.19	7.17	8.16	9.17	10.19	11.24
	(-0.6)	2014.5.31	4.84	8.91	9.74	10.08	10.20	10.18	10.05	9.95	9.80	9.52
	11.14	和歌山	2.02	3.13	4.15	5.14	6.12	7.10	8.08	9.08	10.09	11.14
	(-0.5)	2014.4.26	4.95	8.97	9.81	10.10	10.26	10.20	10.14	10.05	9.92	9.50
	11.58	日本選手権	2.07	3.21	4.26	5.28	6.30	7.33	8.37	9.42	10.49	11.58
	(-2.8)	2013.6.1	4.82	8.84	9.53	9.77	9.81	9.69	9.63	9.50	9.37	9.16
	11.47	和歌山	2.09	3.24	4.29	5.29	6.30	7.30	8.32	9.35	10.39	11.47
	(+1.0)	2013.4.27	4.77	8.75	9.55	9.90	9.96	9.94	9.88	9.71	9.60	9.23
	11.32	ロンドン五輪	1.99	3.14	4.19	5.20	6.19	7.18	8.19	9.21	10.25	11.32
	(+0.7)	2012.8.8	5.03	8.67	9.55	9.93	10.07	10.07	9.97	9.80	9.57	9.36
	11.29	日本選手権	2.06	3.17	4.20	5.20	6.18	7.17	8.16	9.18	10.22	11.29
	(+1.2)	2012.6.2	4.86	8.96	9.73	10.06	10.16	10.13	10.03	9.86	9.58	9.36
11.41	東京選手権	2.10	3.23	4.27	5.28	6.27	7.27	8.28	9.30	10.34	11.41	
(-0.6)	2012.4.21	4.76	8.87	9.56	9.94	10.06	10.01	9.93	9.80	9.55	9.38	
11.39	日本選手権	2.08	3.22	4.28	5.29	6.30	7.29	8.29	9.31	10.33	11.39	
(-1.1)	2011.6.4	4.81	8.74	9.47	9.86	10.00	10.01	9.99	9.89	9.74	9.46	
11.37	和歌山	2.09	3.21	4.24	5.24	6.24	7.25	8.27	9.30	10.32	11.37	
(-1.6)	2011.4.23	4.79	8.91	9.72	10.00	10.00	9.88	9.80	9.73	9.77	9.54	
11.45	日本選手権	2.04	3.17	4.21	5.23	6.25	7.26	8.27	9.31	10.36	11.45	
(-0.9)	2010.6.12	4.91	8.79	9.60	9.81	9.89	9.90	9.83	9.68	9.48	9.19	
11.27	和歌山	2.02	3.15	4.19	5.20	6.19	7.19	8.18	9.19	10.22	11.27	
(+1.9)	2010.4.24	4.95	8.85	9.58	9.93	10.06	10.08	10.03	9.95	9.73	9.49	
11.48	日本選手権	2.04	3.18	4.23	5.25	6.25	7.26	8.28	9.32	10.39	11.48	
(+0.5)	2009.6.25	4.90	8.75	9.51	9.88	9.96	9.88	9.78	9.61	9.39	9.17	
中村明彦	10.69	日本選手権	1.98	3.06	4.04	4.99	5.93	6.87	7.80	8.74	9.71	10.69
	(+1.8)	2016.6.11	5.05	9.30	10.15	10.50	10.65	10.70	10.73	10.59	10.39	10.16
	10.75	和歌山	1.95	3.03	4.02	4.98	5.92	6.87	7.81	8.77	9.75	10.75
	(-0.1)	2016.4.30	5.12	9.28	10.08	10.44	10.57	10.60	10.57	10.41	10.22	10.03
	10.71	日本選手権	1.97	3.05	4.03	4.98	5.92	6.85	7.78	8.74	9.70	10.71
	(+1.2)	2015.7.4	5.07	9.29	10.15	10.55	10.70	10.74	10.68	10.49	10.36	9.91
	10.52	和歌山	1.93	3.00	3.97	4.91	5.83	6.75	7.67	8.60	9.54	10.52
	(+2.4)	2015.4.25	5.19	9.34	10.22	10.69	10.83	10.90	10.86	10.77	10.62	10.23
	10.66	仁川アジア大会	1.96	3.05	4.03	4.97	5.91	6.83	7.77	8.72	9.68	10.66
	(+1.7)	2014.9.30	5.10	9.24	10.18	10.57	10.73	10.78	10.68	10.52	10.42	10.20
	10.80	日本選手権	1.99	3.08	4.08	5.04	5.98	6.93	7.88	8.84	9.81	10.80
	(-1.3)	2014.5.31	5.02	9.20	10.05	10.41	10.54	10.58	10.53	10.43	10.33	10.07
	10.69	和歌山	1.96	3.04	4.02	4.96	5.89	6.83	7.77	8.72	9.69	10.69
	(+1.6)	2014.4.26	5.10	9.30	10.17	10.60	10.73	10.70	10.61	10.49	10.32	10.04
	11.12	日本選手権	1.99	3.09	4.12	5.13	6.12	7.11	8.10	9.09	10.10	11.12
	(-4.3)	2013.6.1	5.04	9.02	9.71	9.97	10.06	10.12	10.09	10.08	9.97	9.76
	10.75	和歌山	2.00	3.08	4.07	5.02	5.96	6.90	7.84	8.79	9.75	10.75
	(-1.5)	2013.4.27	5.01	9.21	10.14	10.54	10.63	10.64	10.59	10.53	10.41	10.02
	10.81	日本選手権	2.01	3.10	4.08	5.04	5.99	6.94	7.88	8.84	9.81	10.81
	(-0.6)	2012.6.2	4.98	9.17	10.13	10.44	10.54	10.58	10.54	10.45	10.29	10.04
10.75	東京選手権	1.96	3.05	4.04	5.00	5.95	6.89	7.85	8.80	9.77	10.75	
(-0.6)	2012.4.21	5.10	9.18	10.05	10.41	10.56	10.59	10.52	10.47	10.36	10.16	
10.81	日本選手権	1.96	3.06	4.06	5.02	5.98	6.93	7.88	8.84	9.82	10.81	
(-0.2)	2011.6.4	5.09	9.16	9.97	10.35	10.51	10.52	10.49	10.40	10.25	10.06	
10.82	日本選手権	1.95	3.05	4.05	5.02	5.98	6.94	7.89	8.86	9.83	10.82	
(-0.6)	2010.6.12	5.12	9.13	9.94	10.33	10.45	10.46	10.45	10.38	10.24	10.13	
10.93	群馬	1.96	3.06	4.08	5.06	6.02	6.98	7.94	8.91	9.90	10.93	
(+1.3)	2009.10.10	5.11	9.02	9.86	10.19	10.40	10.48	10.41	10.28	10.05	9.74	

太字:最高走速度

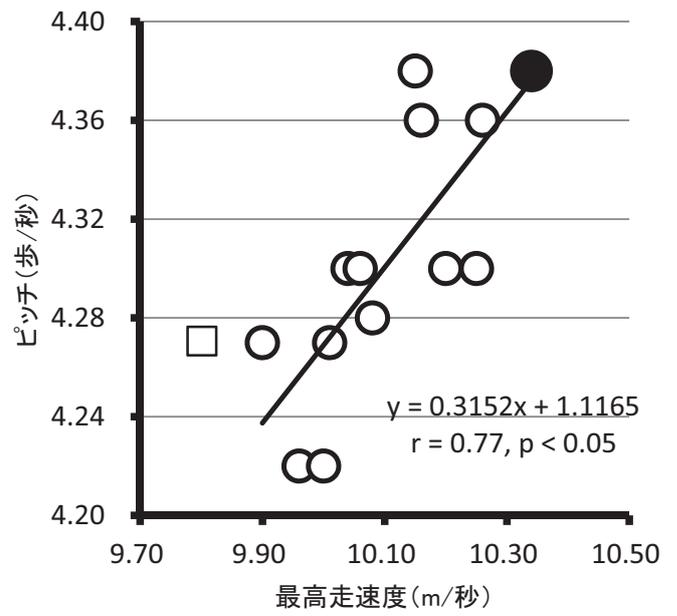
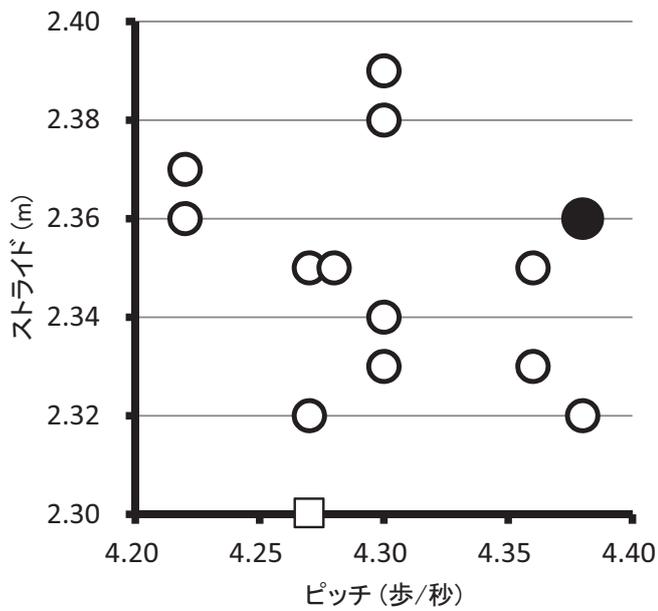


図1 右代選手の100mレースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係
○：各記録, ●：2014年仁川アジア大会（最高記録11.10秒）, □：2013年日本選手権（レース時の風-2.8m/秒）

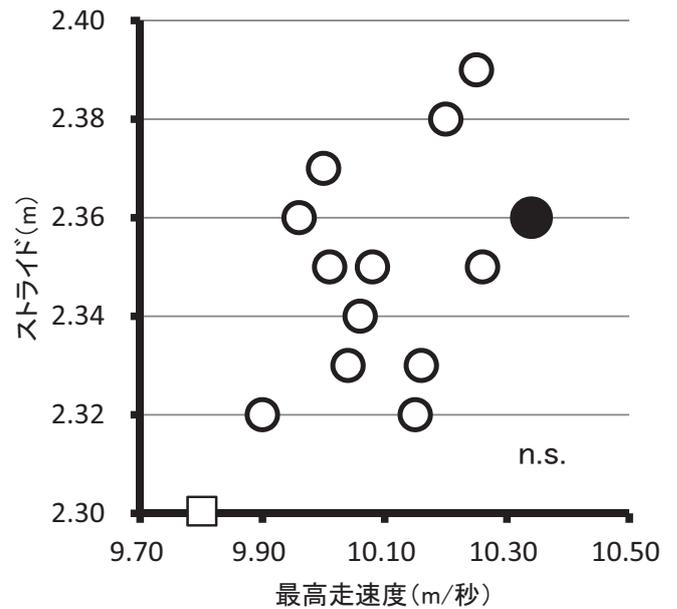


図2 右代選手の100mレースにおける最高走速度と最高走速度時のピッチ（上段）及びストライド（下段）との関係
○：各記録, ●：2014年仁川アジア大会（最高記録11.10秒）, □：2013年日本選手権（レース時の風-2.8m/秒）

表2 100m レースにおける4歩ごとに求めたピッチ及びストライド

選手名	記録	大会	上段:ピッチ [歩/秒] 下段:ストライド [m]																		
			1~4	5~8	9~12	13~16	17~20	21~24	25~28	29~32	33~36	37~40	41~44	45~48 (歩)							
右代啓祐	11.32	和歌山	4.08	4.22	4.26	4.34	4.34	4.30	4.30	4.28	4.21	4.19	4.15								
	(-1.3)	2016.4.30	1.41	1.94	2.18	2.26	2.30	2.33	2.33	2.32	2.32	2.28	2.28								
	11.35	日本選手権	3.96	4.30	4.28	4.40	4.42	4.38	4.36	4.32	4.30	4.22	4.17								
	(+0.3)	2015.7.4	1.43	1.91	2.16	2.23	2.28	2.32	2.31	2.31	2.28	2.27	2.27								
	11.18	和歌山	3.90	4.18	4.30	4.42	4.25	4.36	4.30	4.30	4.31	4.24	4.21								
	(+1.7)	2015.4.25	1.48	1.98	2.16	2.23	2.38	2.35	2.39	2.36	2.32	2.32	2.28								
	11.10	仁川アジア大会	4.00	4.24	4.32	4.38	4.40	4.38	4.36	4.34	4.28	4.26	4.08								
	(+2.1)	2014.9.30	1.46	1.97	2.18	2.28	2.33	2.36	2.37	2.36	2.35	2.33	2.35								
	11.24	日本選手権	4.00	4.22	4.34	4.30	4.34	4.30	4.30	4.27	4.27	4.19	4.11								
	(-0.6)	2014.5.31	1.43	1.93	2.13	2.29	2.33	2.38	2.37	2.36	2.34	2.34	2.36								
	11.14	和歌山	3.98	4.27	4.34	4.33	4.42	4.36	4.33	4.27	4.28	4.27	4.15								
	(-0.5)	2014.4.26	1.44	1.93	2.15	2.29	2.29	2.35	2.36	2.38	2.35	2.33	2.34								
	11.58	日本選手権	4.16	4.19	4.38	4.27	4.31	4.27	4.27	4.22	4.18	4.19	4.12								
	(-2.8)	2013.6.1	1.34	1.92	2.08	2.25	2.27	2.30	2.28	2.29	2.28	2.25	2.26								
	11.47	和歌山	4.09	4.24	4.27	4.27	4.27	4.22	4.21	4.18	4.13	4.09	4.04								
	(+1.0)	2013.4.27	1.38	1.89	2.12	2.26	2.33	2.36	2.36	2.37	2.36	2.35	2.33								
	11.29	日本選手権	3.88	4.19	4.27	4.38	4.36	4.36	4.33	4.30	4.27	4.21	4.08								
	(+1.2)	2012.6.2	1.50	1.98	2.19	2.25	2.32	2.33	2.34	2.33	2.32	2.29	2.32								
	11.41	東京選手権	4.02	4.16	4.36	4.34	4.36	4.30	4.33	4.27	4.27	4.21	4.25								
	(-0.6)	2012.4.21	1.39	1.94	2.11	2.22	2.29	2.34	2.32	2.33	2.31	2.29	2.23								
11.39	日本選手権	4.02	4.09	4.18	4.22	4.30	4.36	4.27	4.27	4.30	4.22	4.16									
(-1.1)	2011.6.4	1.39	1.95	2.18	2.27	2.30	2.29	2.35	2.34	2.31	2.32	2.31									
11.37	和歌山	3.97	4.13	4.22	4.27	4.22	4.30	4.21	4.18	4.15	4.15	3.92									
(-1.6)	2011.4.23	1.41	1.98	2.20	2.31	2.37	2.33	2.35	2.35	2.35	2.35	2.46									
11.45	日本選手権	3.90	4.04	4.19	4.28	4.27	4.27	4.21	4.22	4.16	4.15	4.11									
(-0.9)	2010.6.12	1.45	2.00	2.20	2.27	2.30	2.32	2.35	2.33	2.33	2.29	2.26									
11.27	和歌山	3.85	4.15	4.24	4.27	4.36	4.24	4.28	4.27	4.19	4.28	4.13									
(+1.9)	2010.4.24	1.51	1.99	2.18	2.28	2.29	2.38	2.35	2.35	2.37	2.27	2.32									
中村明彦	10.69	日本選手権	4.15	4.66	4.87	4.92	4.92	4.97	4.87	4.82	4.80	4.68	4.63								
	(+1.8)	2016.6.11	1.39	1.81	1.97	2.07	2.13	2.14	2.19	2.23	2.23	2.25	2.24								
	10.75	和歌山	4.21	4.63	4.80	4.87	4.94	4.92	4.84	4.87	4.82	4.70	4.68								
	(-0.1)	2016.4.30	1.40	1.81	2.00	2.08	2.11	2.15	2.19	2.18	2.19	2.20	2.18								
	10.71	日本選手権	4.55	4.59	4.72	4.84	4.89	4.87	4.82	4.82	4.68	4.70	4.59								
	(+1.2)	2015.7.4	1.27	1.80	2.02	2.10	2.15	2.19	2.23	2.23	2.26	2.22	2.25								
	10.52	和歌山	4.24	4.56	4.76	4.81	4.89	4.87	4.78	4.76	4.78	4.72	4.61								
	(+2.4)	2015.4.25	1.38	1.85	2.03	2.14	2.18	2.22	2.28	2.29	2.26	2.27	2.29								
	10.66	仁川アジア大会	4.19	4.44	4.59	4.77	4.82	4.82	4.80	4.75	4.66	4.68	4.59								
	(+1.7)	2014.9.30	1.40	1.90	2.10	2.15	2.19	2.22	2.25	2.26	2.27	2.24	2.25								
	10.80	日本選手権	4.11	4.61	4.72	4.80	4.78	4.83	4.83	4.76	4.72	4.72	4.58								
	(-1.3)	2014.5.31	1.40	1.80	2.01	2.10	2.18	2.18	2.19	2.22	2.22	2.20	2.25								
	10.69	和歌山	4.18	4.56	4.76	4.81	4.83	4.81	4.78	4.78	4.74	4.65	4.68								
	(+1.6)	2014.4.26	1.37	1.85	2.02	2.12	2.19	2.23	2.24	2.23	2.23	2.24	2.20								
	11.12	日本選手権	4.30	4.59	4.65	4.80	4.70	4.72	4.66	4.65	4.68	4.59	4.58	4.46							
	(-4.3)	2013.6.1	1.33	1.79	1.99	2.03	2.12	2.13	2.16	2.17	2.15	2.19	2.18	2.20							
	10.75	和歌山	4.18	4.58	4.70	4.85	4.74	4.85	4.80	4.70	4.66	4.66	4.58								
(-1.5)	2013.4.27	1.39	1.83	2.03	2.10	2.22	2.19	2.22	2.26	2.26	2.25	2.26									
10.81	日本選手権	4.24	4.49	4.68	4.72	4.68	4.72	4.66	4.68	4.63	4.56	4.59									
(-0.6)	2012.6.2	1.37	1.85	2.03	2.16	2.23	2.23	2.27	2.25	2.27	2.27	2.23									
10.81	日本選手権	4.05	4.42	4.56	4.58	4.63	4.65	4.61	4.56	4.56	4.44	4.49									
(-0.2)	2011.6.4	1.49	1.92	2.10	2.20	2.24	2.26	2.28	2.31	2.29	2.32	2.26									

太字:最高走速度時のピッチ及びストライド

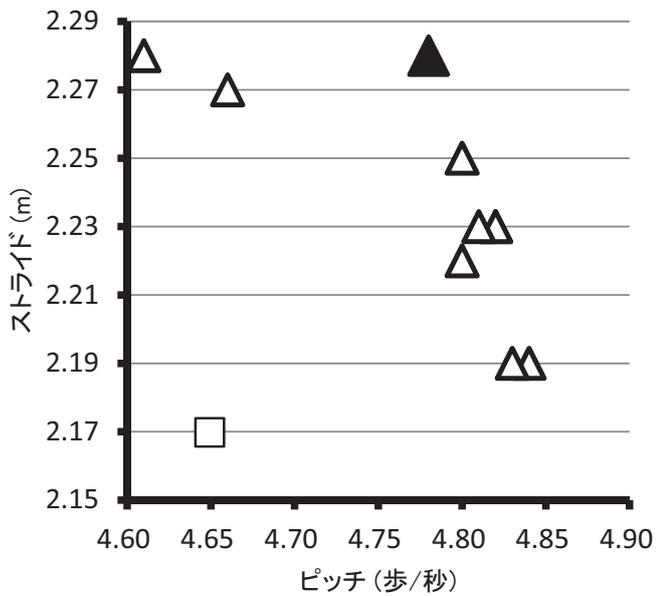


図3 中村選手の100mレースにおける最高走速度時のピッチとストライドとの関係
 △：各記録，▲：2015年日本選抜陸上和歌山（最高記録10.52秒），□：2013年日本選手権（レース時の風-4.3m/秒）

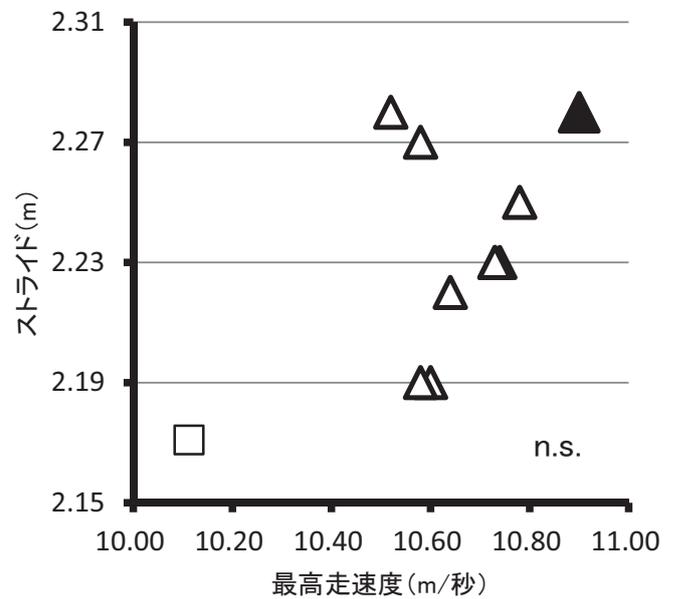
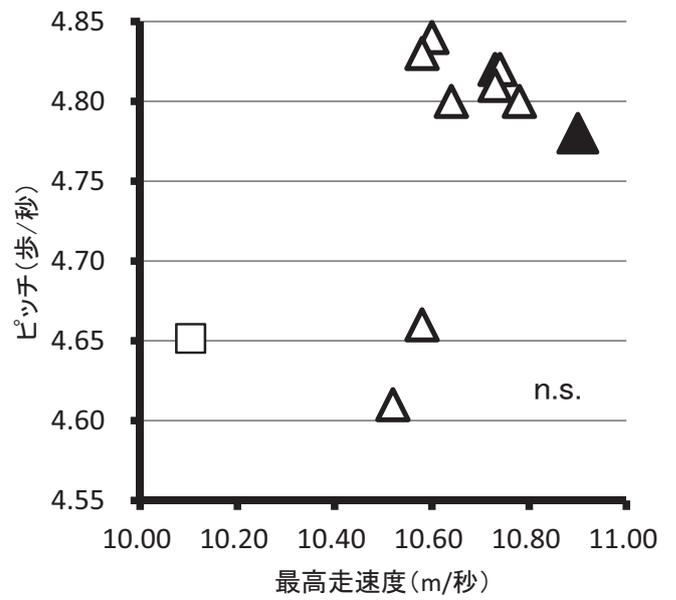


図4 中村選手の100mレースにおける最高走速度と最高走速度時のピッチ（上段）及びストライド（下段）との関係
 △：各記録，▲：2015年日本選抜陸上和歌山（最高記録10.52秒），□：2013年日本選手権（レース時の風-4.3m/秒）