

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

松林武生¹⁾ 持田尚²⁾ 松田克彦³⁾ 本田陽⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

1) 国立スポーツ科学センター 2) 横浜市体育協会 3) 名古屋学院大学 4) 中京大学
5) 三重大学

I. はじめに

2014年は、4月26-27日の日本選抜陸上和歌山大会および5月31日-6月1日の日本選手権混成における右代啓祐選手(スズキ浜松AC)の2度の日本記録更新(それぞれ8143点、8303点)、同じく日本選手権混成での中村明彦選手(スズキ浜松AC)による日本人2人目となる8000点越え(8035点)、そして9月30日-10月1日の仁川アジア大会における両選手の活躍(右代選手優勝8088点、中村選手3位7828点)と、日本十種競技界にとっては大きな飛躍のシーズンとなった。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開始し、これまでデータを蓄積してきた。分析対象の中心となった種目は、100m、走幅跳、400m、110mハードル(以下、110mH)であった。これらの種目は、高い走能力(スプリント能力)が必要という共通点があり、スプリント力向上を中心的課題のひとつとして掲げてきた日本陸上競技連盟・強化委員会混成部に対しても、有用な資料を提供できたのではないかと考えている。本報告では、上記4種目における右代選手、中村選手のパフォーマンスの経年変化を報告し、スプリント能力向上と各種目の成績変化との関係について考察する。

II. データ収集方法

2009年から2014年までに、国内外あわせて18の競技会において測定を実施した。これらのデータ収集活動は、日本陸上競技連盟・強化委員会混成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。

100mでは、レース中の走速度について分析した。

国内での測定では、レーザードップラ方式の距離・走速度測定装置(100Hz、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ごとの通過タイムと区間走速度を算出した(松尾ら、2009;松林ら、2012b)。なお、データの平滑化には遮断周波数0.5Hzのバターワースローパスフィルタを用いた。国外競技会においては、会場内への測定装置の持ち込みが制限されるため、市販ハイスピードカメラ(Exilim、casio社製、299.7fps、もしくはLumix FZ-200、panasonic社製、239.76fps)を用いて観客席から撮影した映像をもとに分析を行った。ハードル種目でのハードル設置位置を示したマークなど、距離が既知である地点の通過タイムを映像より分析(スタート信号の閃光からの経過フレーム数から換算)し、これをスプライン関数で補間することで作成した時間-距離情報から、10mごとの通過タイムと区間走速度を算出した。

100m記録、および同レース中の走速度ピーク値は、スプリント能力の指標にも用いることができる(松林ら、2012b)。ただし、競技会ごとにレース中の風速が異なるため、これを考慮しながら評価する必要がある。100m記録に関しては、MUREIKAら(2001)の方法により風の影響を取り除いたもの(100m風補正後記録)も算出した。

走幅跳においては、100mと同様に、距離・走速度測定装置(Laveg、100Hz、遮断周波数0.5Hzローパスフィルタにより平滑化)を用いて助走速度を分析した(小山ら、2007;松林ら、2010)。助走路後方より選手の腰背部にレーザーを照射し、得られた位置データを時間微分することで速度に変換したのちに、そのピーク値を得た。また、踏切の接地時間、踏切後の水平初速度および滞空時間についても分析を行った。接地時間と滞空時間は、ハイスピード

カメラ (Exilim、299.7 fps、もしくはLumix FZ-200、239.76fps) で踏切板側方より撮影した映像上でのフレーム数から算出した。水平初速度については、踏切離地から砂場接地まで(滞空期)の水平速度が理想的には一定になるという仮定に基づき、距離・走速度測定装置より得た滞空期の位置データ(平滑処理なし)を直線回帰した傾きとして算出した(松林ら、2012a)。

400mにおいては、映像を用いたOverlay方式(持田ら、2007; 山本ら、2013)による走速度分析を行った。ハイビジョンモードで撮影したレース映像(ExilimもしくはLumix FZ-200、29.97fps)に400mハードルが設置されたコースの画像を重ね合わせることで、ハードル設置位置の通過タイムを分析し、各分析点間の区間走速度を算出した。なお、映像の重ね合わせには、表計算ソフトウェア(Excel、Microsoft社製)上のVisual Basic for Applicationにて独自に作成した映像処理プログラムを用いた(山本ら、2013)。

110mHにおいては、ハイスピードカメラ(Exilim、299.7fps、もしくはLumix FZ-200、239.76fps)を用いて撮影した映像から各ハードリング後のタッチダウンタイムを分析し、各ハードル間の区間タイムを算出した(貴嶋ら、2013)。

III. 結果と考察

図1および表1に、100m記録の推移を示した。両選手ともに、最も良い公認記録は2014年に出されており、スプリント能力が向上していることがうかがえる。風補正後の記録をみると、右代選手は2014年の日本選抜陸上和歌山(11.10 s)、中村選手は2013年の同大会(10.64 s)が最も良い記録となった。中村選手は、2013年から既に10.6s台中盤の記録を出せるだけのスプリント能力が備わっていたと考えられる。図2に、100mレースでの走速度曲線を示した。レース展開(走速度曲線の形状)に関しては両選手ともに大きな変化はなく、走速度ピークの改善が100m記録向上の主な要因だと考えられる。走速度ピークと100m記録との変化の関係は、横断的データから期待されるものとほぼ一致した(図3)。

表2に、走幅跳記録の推移を示した。右代選手は2012年に、中村選手は2013年に最も良い記録を出しているが、年間平均記録から考えると、両選手ともに2014年まで記録は向上傾向にあることがうかがえる。走幅跳の跳躍距離は、助走速度との関

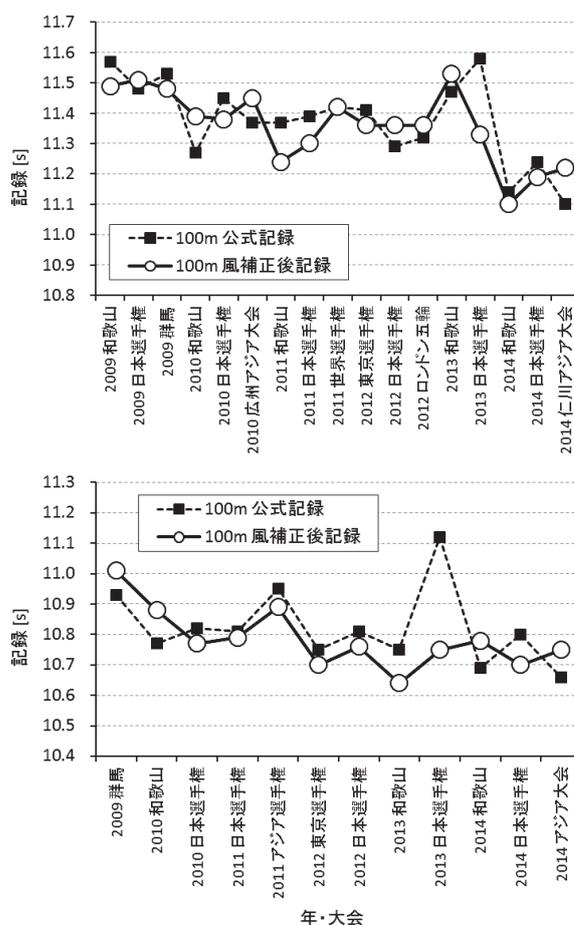


図1 100m記録の推移
(上段：右代選手、下段：中村選手)

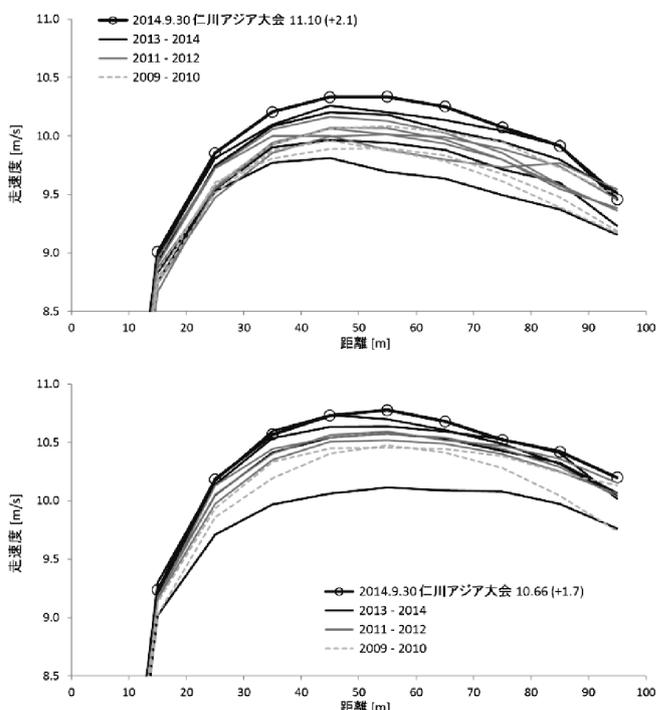


図2 100mレースにおける走速度曲線
(上段：右代選手、下段：中村選手)

表 1 100m レース分析結果

選手名	記録	大会	上段:通過タイム [s]			下段:区間走速度 [m/s]						
			10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
右代啓祐	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	10.66	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

連性が強いことが報告されており (Hey と Miller, 1985 ; Hey ら, 1986)、十種競技選手においてもこの関連性は認められている (松林ら, 2010)。右代選手に関しては、縦断データにおいてもこれと同様の関連性を確認することができ (図 4)、助走速度の改善が走幅跳の記録向上の主要因となっていると考えられる。一方、中村選手に関しては、高い助走速度が跳躍距離に必ずしも結びつかなかった例も散見される。図 5 に、走幅跳の助走速度と 100m レースでの走速度との推移を示した。100m での走速度ピークを指標としたスプリント能力は、両選手ともに年々向上している。右代選手ではこれに並行して助走速度も高くなっており、助走速度の改善を介し

て、スプリント能力向上が走幅跳の記録向上につながったと考えられる。一方、中村選手は、2012 年までは助走速度が高まっていく傾向にあったが、2013 年以降にはこの傾向がみられなくなった。ただし走幅跳の記録については、2013 年以降も向上傾向が続いている (表 2)。中村選手に関しては、助走速度の改善ではなく、他に走幅跳の記録向上の要因があったと考えられる。

走幅跳では、助走で高めた水平方向の運動エネルギーの一部を、踏切動作によって効率的に鉛直方向へと変換する必要がある。助走速度が高いほど、この踏切動作で必要とされる技術等も高いものになると推察され、踏切で対応できる以上に助走速度を高

表2 走幅跳パフォーマンス分析結果

		右代 啓祐			中村 明彦			
2014	競技会	和歌山 2014.4.26	日本選手権 2014.5.31	仁川アジア大会 2014.9.30	和歌山 2014.4.26	日本選手権 2014.5.31	仁川アジア大会 2014.9.30	
	記録	m	7m25 (+1.5)	7m15 (-0.5)	7m37 (-0.1)	7m35 (+2.0)	7m36 (+1.3)	
	助走最高速度	m/s	9.76	9.78	9.78	9.73	10.09	9.88
	踏切水平速度	m/s	7.96	7.59	7.59	7.91	8.01	8.29
	(減速)	m/s	(-1.80)	(-2.19)	(-2.19)	(-1.82)	(-2.08)	(-1.59)
	接地時間	ms	137	163	163	127	140	129
	滞空時間	ms	827	781	781	790	794	788
2013	競技会	和歌山 2013.4.27	日本選手権 2013.6.1		和歌山 2013.4.27	日本選手権 2013.6.1		
	記録	m	6m93 (+2.0)	7m03 (+0.4)	7m23 (-1.7)	7m42 (+3.7)		
	助走最高速度	m/s	9.61	9.70		9.63	10.05	
	踏切水平速度	m/s	7.75	7.43		7.61	8.25	
	(減速)	m/s	(-1.86)	(-2.27)		(-2.02)	(-1.80)	
	接地時間	ms	137	150		127	133	
	滞空時間	ms	773	820		770	783	
2012	競技会	東京選手権 2012.4.21	日本選手権 2012.6.2	ロンドン五輪 2012.8.8	東京選手権 2012.4.21	日本選手権 2012.6.2		
	記録	m	6m76 (+2.7)	7m45 (+1.6)	6m86 (+1.1)	7m12 (+1.4)	7m08 (+0.0)	
	助走最高速度	m/s	9.71	9.93	-	10.29	9.93	
	踏切水平速度	m/s	7.47	7.82	-	8.5	7.87	
	(減速)	m/s	(-2.24)	(-2.12)	-	(-1.79)	(-2.06)	
	接地時間	ms	160	153	160	127	133	
	滞空時間	ms	827	803	767	730	783	
2011	競技会	和歌山 2011.4.23	日本選手権 2011.6.4	大邱世界選手権 2011.8.27	日本選手権 2011.6.4	アジア選手権 2011.7.7		
	記録	m	7m03 (+1.8)	6m96 (+0.9)	6m96 (+0.2)	7m16 (+0.7)	7m27 (+0.1)	
	助走最高速度	m/s	9.72	9.57	9.44	10.08	10.02	
	踏切水平速度	m/s	7.77	7.29	7.02	8.04	8.53	
	(減速)	m/s	(-1.95)	(-2.28)	(-2.42)	(-2.04)	(-1.49)	
	接地時間	ms	143	147	150	127	127	
	滞空時間	ms	803	823	830	770	680	
2010	競技会	和歌山 2010.4.24	日本選手権 2010.6.12		日本選手権 2010.6.12			
	記録	m	6m84 (+1.0)	7m18 (+1.8)		6m59 (-0.6)		
	助走最高速度	m/s	9.46	9.74		9.69		
	踏切水平速度	m/s	7.31	7.26		7.71		
	(減速)	m/s	(-2.15)	(-2.48)		(-1.98)		
	接地時間	ms	153	153		133		
	滞空時間	ms	840	847		747		
2009	競技会	和歌山 2009.4.18	群馬 2009.10.10					
	記録	m	6m82 (+0.7)	6m87 (+2.1)				
	助走最高速度	m/s	9.42	9.64				
	踏切水平速度	m/s	7.32	7.53				
	(減速)	m/s	(-2.10)	(-2.11)				
	接地時間	ms	167	157				
	滞空時間	ms	781	827				

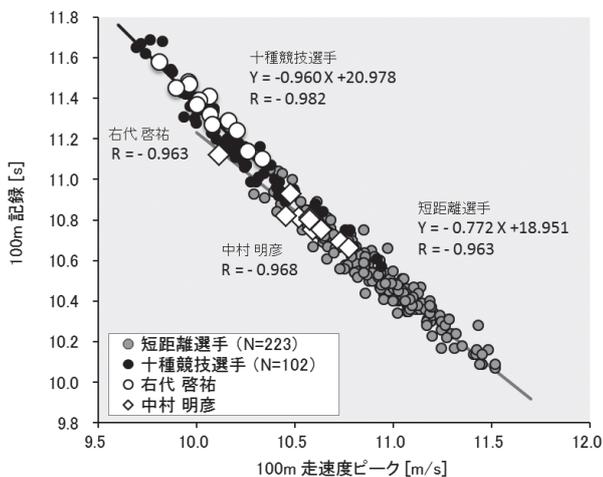


図3 100m レースにおける走速度ピークと記録 (フィニッシュタイム) との関係

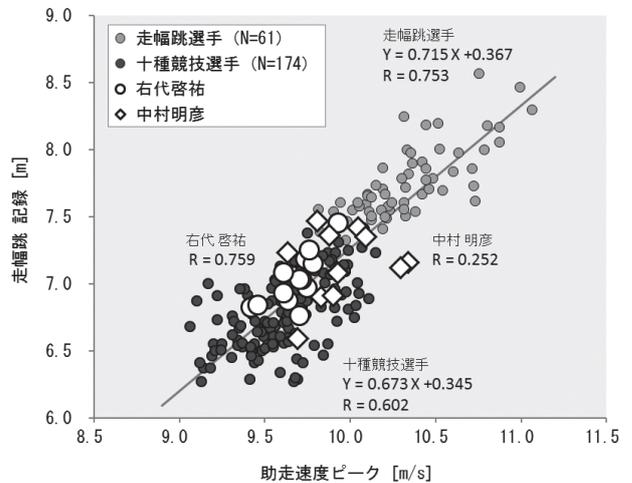


図4 走幅跳における助走速度と跳躍記録の関係 (上段: 右代選手、下段: 中村選手)

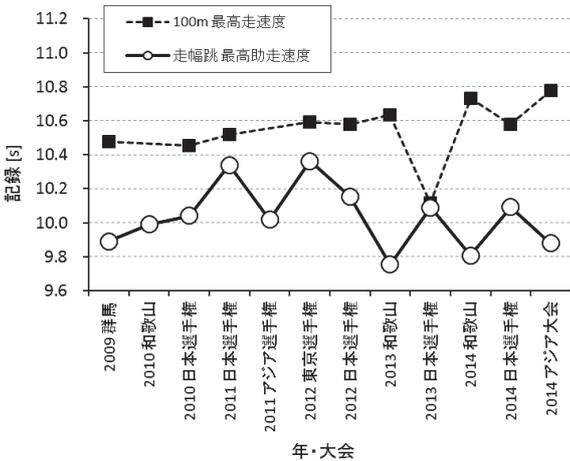
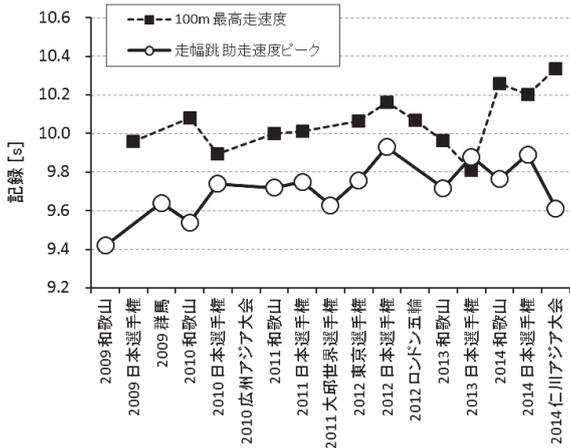


図5 助走速度と100m走速度の推移
(上段：右代選手、下段：中村選手)

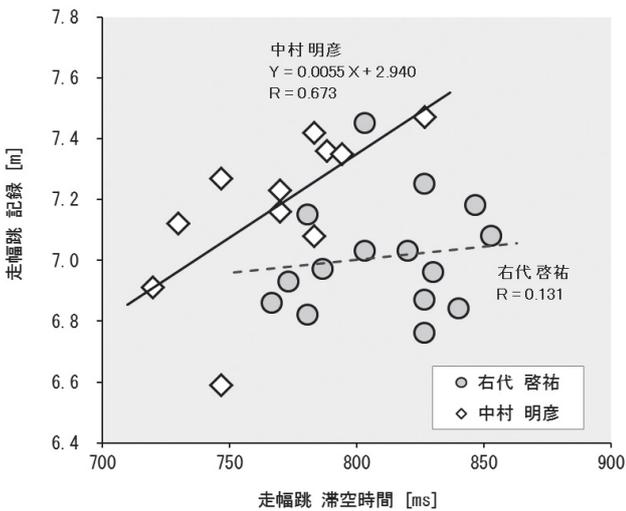


図6 走幅跳における跳躍の滞空時間と跳躍記録の関係

めても、跳躍距離が向上しない可能性は十分に考えられる。また一方で、踏切動作の効率性を高めることができれば、助走速度が高まらずとも跳躍距離が向上する可能性もあるだろう。2013年以降にも中

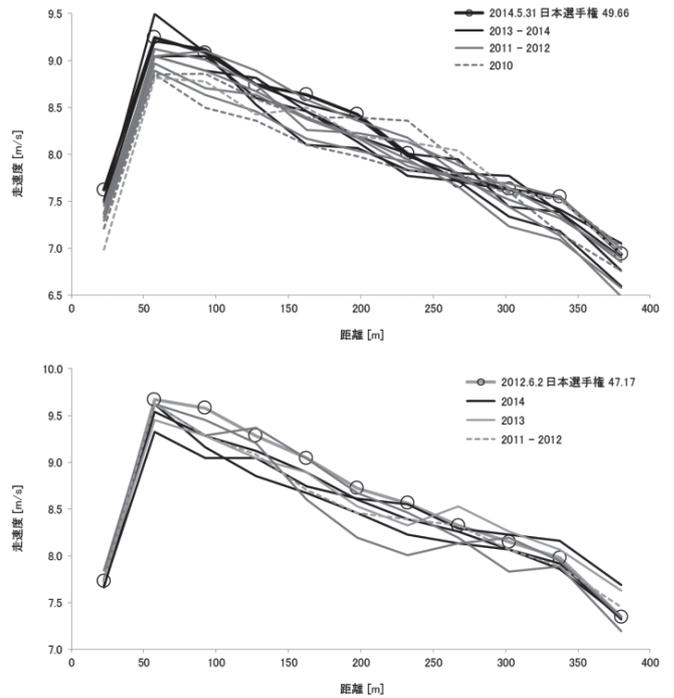


図7 400mレースにおける走速度曲線
(上段：右代選手、下段：中村選手)

村選手の走幅跳記録が向上傾向にあるのは、踏切動作の変化が関係していると考えられる。図6には、走幅跳の跳躍での滞空時間と記録との関係を示した。中村選手には滞空時間が長いほど記録が良いという傾向が認められ、踏切時の鉛直方向への跳躍速度が高まることで走幅跳記録の向上傾向が維持されていることが可能性のひとつとして考えられるだろう。ただし、より明確な要因を探るためには、動作分析等も含めたより詳細な検討が必要である。

表3に、400m記録の推移を示した。右代選手は2014年に自己ベストを更新し、記録は向上傾向にある。中村選手は、もともと400m記録が比較的高いレベルにあったこともあり、2012年に出した自己ベスト記録を以降更新することができていないが、高いレベルの記録を維持し続けている。図7に、400mレースでの走速度曲線を示した。100mと比較するとレース展開にばらつきが大きいので、明確な経年変化を捉えることは難しいが、100m毎の推定ラップタイムからは、右代選手はレース前半(0-200m)が、中村選手はレース中盤(100-300m)が、400m記録と相関の強い局面となっていた(表4)。100m記録や100mレースでの走速度ピーク(=スプリント能力)と400m記録等との関係は表5のようになった。右代選手においては、スプリント能力向上にともなって400mレースでの走速度ピークや0-100m区間ラップタイムが改善し、400m記録向上の一助となった可能性がうかがえた。中村選手に

表3 400m レース分析結果

選手名	記録	大会	上段:通過タイム [s]								下段:区間走速度 [m/s]								100m毎の通過とラップ(推定値)[s]			
			45m	80m	115m	150m	185m	220m	255m	290m	325m	360m	400m	100m	200m	300m	400m					
右代啓祐	50.25	仁川アジア大会	5.99	9.68	13.53	17.63	21.96	26.29	30.76	35.27	39.86	44.58	50.25	11.88	23.81	36.58	50.25					
	2014.9.30		7.51	9.49	9.08	8.53	8.10	8.07	7.83	7.77	7.63	7.41	7.05		11.94	12.77	13.67					
49.66	日本選手権		5.91	9.69	13.55	17.55	21.60	25.76	30.13	34.67	39.26	43.89	49.66	11.90	23.39	35.98	49.66					
	2014.5.31		7.62	9.24	9.08	8.74	8.63	8.43	8.01	7.71	7.63	7.55	6.94		11.49	12.59	13.68					
49.84	和歌山		6.01	9.81	13.65	17.65	21.76	25.93	30.31	34.80	39.31	44.04	49.84	12.00	23.54	36.09	49.84					
	2014.4.26		7.49	9.20	9.12	8.74	8.53	8.39	7.98	7.80	7.77	7.39	6.90		11.54	12.55	13.75					
50.43	日本選手権		6.11	9.98	13.91	17.88	22.02	26.29	30.66	35.07	39.77	44.51	50.43	12.23	23.85	36.41	50.43					
	2013.6.1		7.37	9.04	8.89	8.81	8.46	8.19	8.01	7.95	7.44	7.39	6.76		11.63	12.56	14.02					
51.11	和歌山		6.11	9.98	13.85	17.92	22.06	26.36	30.86	35.40	40.17	45.05	51.11	12.19	23.90	36.77	51.11					
	2013.4.27		7.37	9.04	9.04	8.60	8.46	8.13	7.77	7.71	7.34	7.18	6.60		11.71	12.87	14.34					
50.78	ロンドン五輪		6.14	10.04	14.06	18.12	22.30	26.58	31.02	35.54	40.20	44.98	50.78	12.34	24.13	36.87	50.78					
	2012.8.8		7.33	8.97	8.70	8.63	8.37	8.18	7.87	7.74	7.52	7.32	6.89		11.79	12.74	13.91					
50.58	日本選手権		6.11	9.98	13.82	17.76	21.84	26.03	30.31	34.80	39.51	44.41	50.58	12.17	23.63	36.15	50.58					
	2012.6.2		7.37	9.04	9.10	8.89	8.58	8.36	8.18	7.78	7.44	7.14	6.48		11.46	12.51	14.43					
51.16	東京選手権		6.04	9.91	13.85	17.88	22.06	26.33	30.73	35.30	40.14	45.08	51.16	12.16	23.89	36.68	51.16					
	2012.4.21		7.45	9.04	8.89	8.67	8.39	8.19	7.95	7.66	7.23	7.09	6.58		11.73	12.80	14.48					
50.28	日本選手権		6.14	9.98	13.86	17.87	22.11	26.36	30.66	35.10	39.68	44.44	50.28	12.20	23.93	36.41	50.28					
	2011.6.4		7.33	9.12	9.00	8.74	8.26	8.23	8.13	7.89	7.64	7.35	6.85		11.73	12.48	13.87					
50.80	和歌山		6.17	10.11	14.16	18.30	22.59	26.94	31.37	35.89	40.44	45.08	50.80	12.43	24.46	37.19	50.80					
	2011.4.23		7.29	8.89	8.63	8.46	8.16	8.04	7.92	7.74	7.69	7.55	6.99		12.03	12.73	13.61					
51.14	アジア選手権		6.24	10.19	14.31	18.50	22.82	27.21	31.68	36.17	40.79	45.45	51.14	12.55	24.70	37.49	51.14					
	2010.11.24		7.21	8.85	8.49	8.36	8.10	7.98	7.83	7.80	7.57	7.52	7.02		12.16	12.79	13.65					
50.58	日本選手権		6.24	10.19	14.14	18.22	22.39	26.56	30.75	35.17	39.77	44.66	50.58	12.45	24.18	36.48	50.58					
	2010.6.12		7.21	8.85	8.86	8.59	8.39	8.39	8.36	7.92	7.60	7.16	6.76		11.73	12.31	14.10					
50.61	和歌山		6.44	10.41	14.40	18.55	22.67	26.94	31.25	35.60	40.19	44.85	50.61	12.69	24.50	36.91	50.61					
	2010.4.24		6.99	8.82	8.78	8.43	8.49	8.19	8.13	8.04	7.63	7.52	6.94		11.81	12.41	13.70					
48.19	仁川アジア大会		5.81	9.44	13.26	17.22	21.25	25.39	29.65	33.95	38.29	42.74	48.19	11.63	23.03	35.19	48.19					
	2014.9.30		7.75	9.62	9.16	8.85	8.67	8.46	8.23	8.13	8.07	7.86	7.34		11.40	12.16	13.00					
47.48	日本選手権		5.86	9.61	13.48	17.35	21.35	25.42	29.51	33.73	37.99	42.28	47.48	11.82	23.10	34.95	47.48					
	2014.5.31		7.68	9.32	9.04	9.04	8.74	8.61	8.55	8.29	8.23	8.16	7.69		11.28	11.85	12.53					
47.79	和歌山		5.87	9.54	13.31	17.15	21.09	25.16	29.33	33.57	37.90	42.33	47.79	11.70	22.83	34.81	47.79					
	2014.4.26		7.66	9.54	9.28	9.12	8.89	8.60	8.39	8.26	8.07	7.92	7.32		11.13	11.97	12.98					
47.32	日本選手権		5.81	9.51	13.28	17.15	21.09	25.19	29.40	33.50	37.74	42.08	47.32	11.66	22.85	34.71	47.32					
	2013.6.1		7.75	9.45	9.28	9.04	8.89	8.53	8.33	8.53	8.26	8.07	7.63		11.18	11.86	12.61					
48.09	和歌山		5.81	9.44	13.15	16.95	21.02	25.29	29.66	33.97	38.24	42.64	48.09	11.56	22.85	35.19	48.09					
	2013.4.27		7.75	9.62	9.45	9.20	8.60	8.19	8.01	8.13	8.19	7.95	7.34		11.29	12.34	12.90					
47.17	日本選手権		5.82	9.44	13.10	16.87	20.74	24.75	28.84	33.04	37.34	41.73	47.17	11.53	22.46	34.27	47.17					
	2012.6.2		7.73	9.67	9.58	9.28	9.04	8.72	8.56	8.33	8.15	7.98	7.35		10.93	11.81	12.90					
47.67	東京選手権		5.74	9.38	13.15	16.88	20.75	24.79	28.93	33.20	37.67	42.11	47.67	11.53	22.48	34.48	47.67					
	2012.4.21		7.84	9.62	9.28	9.37	9.04	8.67	8.46	8.19	7.83	7.89	7.19		10.95	11.99	13.19					
47.76	日本選手権		5.82	9.46	13.23	17.08	21.10	25.24	29.41	33.62	37.96	42.39	47.76	11.61	22.88	34.86	47.76					
	2011.6.4		7.73	9.62	9.28	9.08	8.71	8.46	8.39	8.33	8.07	7.89	7.45		11.26	11.98	12.90					

表4 400mにおける100m毎のラップタイムと記録(フィニッシュタイム)との相関

	0-100m ラップ	100-200m ラップ	200-300m ラップ	300-400m ラップ
右代 啓祐	0.588	0.544	0.471	0.432
中村 明彦	-0.098	0.659	0.898	0.448

表5 100m分析値と400m分析値との関係性

	400m 記録	400m 走速度ピーク	0-100m ラップ	100-200m ラップ	200-300m ラップ	300-400m ラップ
右代 啓祐	100m記録	0.544	-0.581	0.416	-0.003	-0.032
	100m記録(風補正)	0.787	-0.523	0.512	0.093	0.110
	100m走速度ピーク	-0.490	0.701	-0.579	-0.100	0.184
中村 明彦	100m記録	-0.638	-0.398	0.118	-0.129	-0.472
	100m記録(風補正)	-0.263	0.107	0.106	-0.111	-0.539
	100m走速度ピーク	0.610	0.367	-0.078	0.144	0.450

表6 110mH レース分析結果

選手名	記録	大会	上段: タッチダウタイム [s]				下段: 区間タイム [s]						
			1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	finish
右代啓祐	15.16	仁川アジア大会	2.78	3.97	5.15	6.31	7.47	8.65	9.85	11.07	12.30	13.54	15.16
	(+0.2)	2014.10.1	2.78	1.18	1.18	1.17	1.15	1.18	1.20	1.22	1.22	1.24	1.62
	14.90	日本選手権	2.76	3.92	5.06	6.21	7.38	8.54	9.71	10.91	12.08	13.30	14.90
	(+0.1)	2014.6.1	2.76	1.16	1.14	1.15	1.17	1.16	1.17	1.20	1.17	1.21	1.60
	14.95	GP和歌山	2.79	3.92	5.07	6.24	7.41	8.58	9.78	10.97	12.16	13.38	14.95
	(+0.0)	2014.4.27	2.79	1.13	1.15	1.17	1.17	1.16	1.20	1.19	1.19	1.22	1.57
	15.66	日本選手権	2.80	4.00	5.20	6.39	7.61	8.83	10.10	11.38	12.69	13.99	15.66
	(+0.0)	2013.6.2	2.80	1.20	1.20	1.19	1.21	1.22	1.27	1.28	1.30	1.30	1.67
	15.05	GP和歌山	2.80	3.97	5.12	6.29	7.46	8.64	9.82	11.03	12.21	13.43	15.05
	(+0.8)	2013.4.28	2.80	1.17	1.15	1.17	1.17	1.18	1.18	1.20	1.18	1.22	1.62
	15.47	ロンドン五輪	2.80	3.99	5.20	6.42	7.62	8.85	10.06	11.30	12.56	13.84	15.47
	(-0.9)	2012.8.9	2.80	1.19	1.21	1.22	1.20	1.22	1.21	1.24	1.25	1.28	1.63
	15.01	日本選手権	2.76	3.93	5.10	6.25	7.41	8.58	9.78	10.98	12.19	13.42	15.01
	(-1.7)	2012.6.3	2.76	1.17	1.17	1.15	1.16	1.16	1.20	1.20	1.21	1.22	1.59
	15.25	GP東京	2.79	3.95	5.15	6.31	7.50	8.73	9.95	11.17	12.41	13.64	15.25
	(-0.1)	2012.4.22	2.79	1.16	1.19	1.16	1.19	1.23	1.22	1.22	1.23	1.23	1.61
	15.20	テグ世界選手権	2.77	3.92	5.09	6.28	7.45	8.66	9.88	11.10	12.34	13.57	15.20
	(-0.1)	2011.8.28	2.77	1.15	1.17	1.19	1.18	1.20	1.22	1.22	1.24	1.22	1.63
	14.93	日本選手権	2.75	3.92	5.08	6.25	7.41	8.58	9.75	10.92	12.14	13.33	14.93
	(+0.5)	2011.6.5	2.75	1.17	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17	1.22	1.19	1.60
15.28	GP和歌山	2.82	3.98	5.17	6.35	7.56	8.77	10.00	11.21	12.43	13.64	15.28	
(-0.1)	2010.4.24	2.82	1.16	1.19	1.18	1.21	1.20	1.23	1.21	1.21	1.21	1.64	
中村明彦	14.33	仁川アジア大会	2.74	3.86	4.97	6.09	7.21	8.33	9.47	10.59	11.73	12.89	14.33
	(+1.9)	2014.10.1	2.74	1.12	1.11	1.12	1.12	1.12	1.14	1.12	1.13	1.16	1.44
	14.21	日本選手権	2.68	3.79	4.93	6.04	7.14	8.27	9.40	10.52	11.64	12.77	14.21
	(+0.1)	2014.6.1	2.68	1.10	1.14	1.11	1.10	1.12	1.13	1.12	1.12	1.13	1.44
	14.23	GP和歌山	2.71	3.84	4.97	6.09	7.21	8.32	9.43	10.54	11.67	12.80	14.23
	(+1.0)	2014.4.27	2.71	1.13	1.13	1.12	1.12	1.11	1.10	1.12	1.13	1.13	1.43
	14.24	日本選手権	2.68	3.81	4.94	6.06	7.17	8.29	9.38	10.53	11.68	12.81	14.24
	(+0.7)	2013.6.2	2.68	1.13	1.13	1.12	1.11	1.12	1.09	1.15	1.15	1.13	1.43
	14.16	GP和歌山	2.69	3.81	4.91	6.03	7.12	8.23	9.34	10.46	11.58	12.72	14.16
	(+1.5)	2013.4.28	2.69	1.12	1.10	1.12	1.09	1.11	1.11	1.12	1.12	1.14	1.44
	14.11	日本選手権	2.67	3.76	4.84	5.94	7.03	8.12	9.21	10.34	11.47	12.63	14.11
	(+1.7)	2012.6.3	2.67	1.09	1.08	1.09	1.09	1.10	1.09	1.13	1.13	1.15	1.48
	14.15	GP東京	2.71	3.83	4.94	6.05	7.15	8.26	9.35	10.46	11.59	12.72	14.15
	(-0.1)	2012.4.22	2.71	1.12	1.11	1.11	1.10	1.11	1.09	1.11	1.13	1.13	1.43
	14.50	アジア選手権	2.70	3.83	4.95	6.07	7.21	8.34	9.48	10.66	11.82	13.00	14.50
(+0.3)	2011.7.8	2.70	1.12	1.13	1.11	1.14	1.13	1.14	1.18	1.15	1.18	1.50	
14.25	日本選手権	2.70	3.83	4.95	6.06	7.17	8.28	9.40	10.52	11.65	12.79	14.25	
(+1.4)	2011.6.5	2.70	1.13	1.12	1.10	1.11	1.11	1.12	1.12	1.13	1.13	1.46	

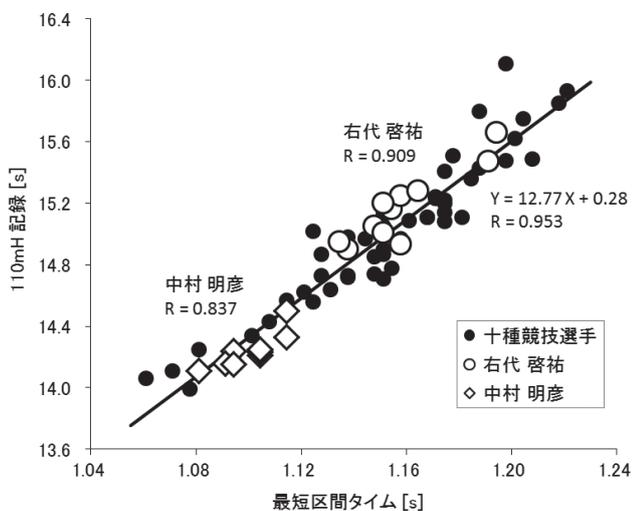


図8 110mHの最短区間タイムと記録（フィニッシュタイム）との関係

表7 100m分析値と110mH分析値との関係性

		110mH 記録	110mH 最短区間タイム
右代 啓祐	100m記録	0.490	0.547
	100m記録(風補正)	0.315	0.369
	100m走速度ピーク	-0.566	-0.636
中村 明彦	100m記録	-0.066	-0.364
	100m記録(風補正)	0.400	0.268
	100m走速度ピーク	0.071	0.352

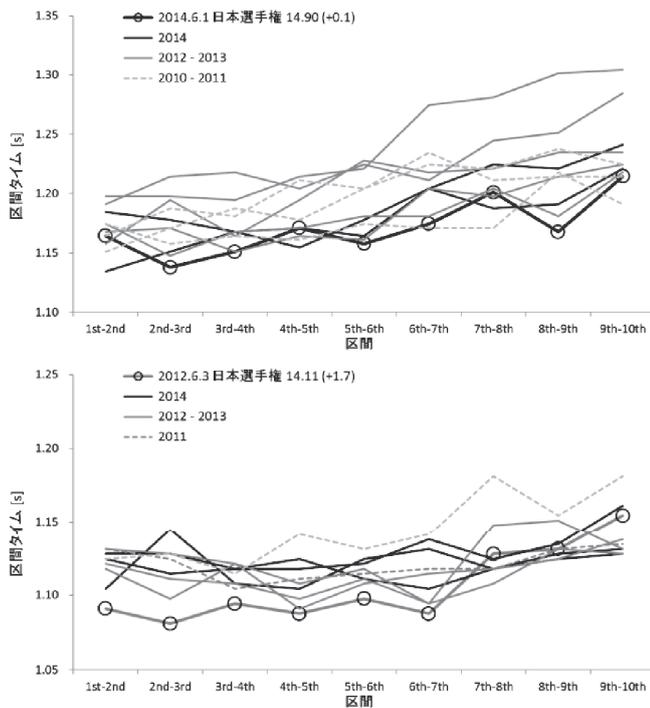


図9 110mH レースにおける区間タイム曲線
(上段：右代選手、下段：中村選手)

関しては、レース中盤が鍵となる局面となっていたこともあり、400m レースでの走速度ピークもスプリント能力向上とは連動していなかった。

表6に、110mH 記録の推移を示した。右代選手は2014年シーズンに自己ベスト記録を出しており、記録は向上傾向にある。中村選手は、2011年に自己ベスト記録を出し、以降も安定して高いレベルの記録を維持している。両選手ともに、110mH 記録と最短区間タイムとの間には強い関係性が認められ(図8)、最短区間タイムの改善が110mH 記録向上には必要不可欠だと考えられる。図9に、110m レースでの区間タイム曲線を示した。右代選手は比較的前半(2-4区間目)にて最短区間タイムが出現する傾向がみられた。一方、中村選手は、少し後の区間(5-7区間目)において最短区間タイムが現れることが多く、またそのような場合のほうが110mH 記録もよい傾向にあった(ただし自己ベスト記録のレースは例外的に2区間目で最短区間タイムが出現)。ハードル種目専門選手を対象とした分析では、最短区間タイムはレース中盤にて出現する例が多い(貴嶋ら、2013)。100m レースでの走速度ピークが50m 付近にて出現することも踏まえると、110mH レースにおいても前半は加速が続き、中盤辺りで走速度ピーク(最短区間タイム)が出現することが理想的には期待できそうである。右代選手のようにレース前半において最短区間タイムが観察される場合は、加速し続けられない要因が何か存在すると考えられ

る。この要因がハードリングの技術的なものであるか、またはスプリント能力にあるのかは、現時点で考察することは難しい。

スプリント能力指標と110mH 記録および最短区間タイムとの関係を表7に示した。右代選手では、最短区間タイムの短縮にスプリント能力向上が関係し、110mH 記録の向上にも寄与していた可能性がうかがえる。一方、中村選手にはそのような関係性は認められなかった。右代選手の場合には、スプリント能力の向上が110mH 記録に直接的に寄与する余地が多く残っていたのかもしれない。中村選手のように、スプリント能力も110mH 記録レベルも元々高い選手では、技術的な要因のほうが110mH 記録へより大きく影響すると考えられる。

IV. まとめ

2009年から2014年までの6年間にわたり、右代選手と中村選手の競技会でのパフォーマンス分析を継続してきた。スプリント能力が重要となる4種目(100m、走幅跳、400m、110mH)を中心に測定を行い、スプリント能力の経年変化(向上)と、各種目の記録への影響を確認することができた。各種目での分析結果は以下のようにまとめられる。

1. 100m では両選手ともに、走速度ピークの改善が記録向上の主要因となっていた。
2. 走幅跳では、右代選手はスプリント能力向上とともに助走速度が高まり、記録向上の一助となっていた。中村選手においては、助走速度以外の要因(滞空時間など)が記録へ及ぼした影響のほうが大きいようだった。
3. 400m では、右代選手はスプリント能力向上とともに400m レースでの走速度ピークや前半局面(0-200m)でのラップタイムが短縮され、記録向上への一助となっていた。中村選手においては、このような傾向は認められず、より後半の局面(100-300m)でのラップタイム等のほうが、記録との関係性が大きかった。
4. 110mH では、右代選手はスプリント能力向上とともに最短区間タイムが短縮され、記録向上への一助となっていた。ただし、最短区間タイムの出現位置がレース前半(2-4区間目)であることから、今後はレース中盤まで加速し続けることが課題となるかもしれない。中村選手においては、スプリント能力向上と最短区間タイムとは連動しておらず、記録に対してはより技術的な側面の影響が大きい可能性が考えられた。

参考文献

- 貴嶋孝太、谷川聡、櫻井健一、安井年文、浅見公博、荻部俊二、青戸慎司、綿谷貴志、柴山一仁、森丘保典 (2013) 日本一流男子 110m ハードル選手のレース分析ー 2011 年から 2013 年までのレース分析結果についてー. 陸上競技研究紀要、9: 71-86.
- 小山宏之、村木有也、武田理、大島雄治、阿江通良 (2007) 競技会における一流男女棒高跳、走幅跳、および三段跳選手の助走速度分析. 日本陸連科学委員会研究報告、6: 104-122.
- Hay, J.G. and J.A. Miller Jr. (1985) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1: 174-184.
- Hay, J.G., J.A. Miller, and R.W. Canterna (1986) The techniques of elite male long jumpers. *Journal of Biomechanics*, 19: 855-866.
- 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.
- 松林武生、持田尚、松尾彰文、松田克彦、本田陽、阿江通良 (2010) 十種競技選手の走幅跳、棒高跳での跳躍パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要、3: 104-112.
- 松林武生、持田尚、本田陽、松田克彦 (2012a) 七種競技選手の走幅跳パフォーマンス分析. 陸上競技研究紀要、8: 73-78.
- 松林武生、持田尚、本田陽、松田克彦 (2012b) 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(1): 27-35.
- MUREIKA, J.R. (2001) A Realistic Quasiphysical Model of the 100 Metre Dash. *Canadian Journal of Physics*, 79 (4): 697-713.
- 持田尚、松尾彰文、柳谷登志雄、矢野隆照、杉田正明、阿江通良 (2007) Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析. 陸上競技研究紀要、3: 9-15.
- 持田尚、松林武生、松尾彰文、松田克彦、本田陽、阿江通良 (2010a) 混成強化部への科学的サポートー得点分析からみた日本十種競技界の現状と課題ー. 陸上競技研究紀要、6: 122-125.
- 山本真帆、松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、松林武生、貴嶋孝太、渡辺圭佑 (2013) 競技会における男子 400m 走のレース分析. 陸上競技研究紀要、9: 66-70.