

十種競技日本記録保持者・右代啓祐選手のパフォーマンス分析

持田 尚¹⁾ 松林武生²⁾ 松田克彦³⁾ 本田 陽⁴⁾ 杉田正明⁵⁾

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

I. はじめに

右代啓祐選手（スズキ浜松 AC）は、2011年6月に行われた日本選手権で8073点をマークし18年ぶりに日本記録を更新した。右代選手が日本人未踏の8000点を超えたことは同時に日本十種競技界がワールドクラスへの仲間入りを果たしたことを意味し、関係者にとってたいへん意義深い出来事であった。

科学委員会混成班は、混成強化部の「2012年ロンドンオリンピックへ向けた中期強化計画」に沿う形で2009年度より十種競技選手のパフォーマンス分析を開始した。当時の右代選手（7856点）は、ワールドクラス（8006点 - 9026点）基準でみると、100m、走幅跳、400m、110mハードル（以下、110mH）が著しく劣っており（図1）、それら4種目

は今後世界で戦っていくためには改善しなければならない喫緊の課題種目（重点課題種目）であった（持田ほか、2010b）。

それらの種目に共通しているのは、高い走能力（スプリント能力）が必要とされる種目だという点であり、混成強化部でも継続してスプリント力強化が図られている。

本稿では、今般の日本新記録8073点の得点プロフィールの分析に加え、この3年間における100m、走幅跳、400m、110mHのパフォーマンス変化について報告し、右代選手の次なる課題を抽出することを目的とする。

なお、競技会でのパフォーマンス分析については、日本陸上競技連盟・混成強化部と各競技会開催県の陸上競技協会の協力のもとに活動を行った。

II. 形態、筋機能そして運動能力について

A. 方法

右代選手の形態、身体組成、体力、運動能力を、国立スポーツ科学センターの協力により計測した。形態では、身長、体重、体型指数（Body mass index; BMI）といった基本的体格と、上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲、腹囲、臀囲、上肢長、下肢長といった部位毎のサイズについて計測した。身体組成では、空地置換法（BODOPD）による体脂肪率（%）と除脂肪体重（kg）を計測・算出し、体力・運動能力では膝関節まわりの最大トルクとジャンプ力について計測した。

B. 結果・考察

表1に右代選手の形態プロフィールを示した。現在の体格は身長195.6cm、体重92.3kg、BMIが24.1kg/m²であった。この3年間で体重、除脂肪体重ともに約5kg以上増量していることから着実に筋

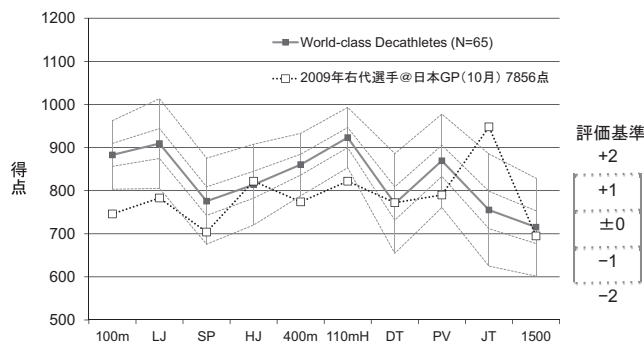


図1 世界一流十種競技選手と2009年右代選手の得点プロフィール

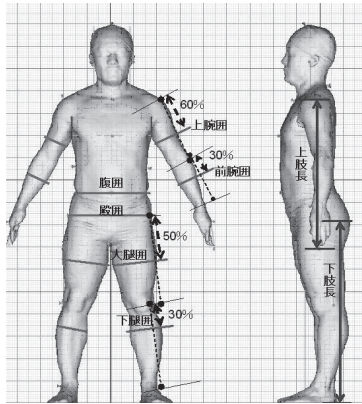
世界一流選手は8000点以上の得点をマークした66名。

LJ; 走幅跳、SP; 砲丸投、HJ; 走高跳、DT; 円盤投、PV; 棒高跳、JT; やり投

世界一流選手の値は平均値、そしてバーは標準偏差（以下、SD）を表す。SDは最大±1.5SDまでを示し、間は±0.5SDで示した。

表1 右代選手の形態

基本的体格	25歳		23歳	
	2012/2/6	2011/7/20	2010/6/14	2009/3/30
身長 [cm]	195.6	195.6	195.0	194.5
体重 [kg]	92.3	91.1	88.0	86.8
BMI[kg/m ²]	24.1	23.8	23.1	22.9



形態計測 (ボディラインスキャナ)

上腕囲60%部位 [cm]	右	29.9	30.5	28.9	28.3
	左	29.7	30.2	28.7	28.6
前腕囲30%部位 [cm]	右	26.9	27.3	26.7	26.1
	左	26.8	27.0	26.0	25.9
大腿囲50%部位 [cm]	右	59.1	57.7	57.7	57.6
	左	58.6	57.3	56.1	55.7
下腿囲30%部位 [cm]	右	39.8	39.7	39.2	39.3
	左	40.2	39.5	39.8	39.5
臍位腹囲 [cm]		85.0	83.3	81.7	82.1
股囲 [cm]		101.1	103.2	100.9	102.1
上肢長 [cm]	右	82.2	82.1	82.0	82.2
	左	82.6	82.8	82.4	82.3
下肢長 [cm]	右	102.1	100.6	100.7	100.1
	左	103.1	101.1	100.8	100.1

体脂肪率・空気置換法 (BODPOD)

体脂肪率 [%]	<5.0	<5.0	<5.0	5.3
除脂肪体重 [kg]	87.9	87.6	85.2	82.2

量が増えていると言えよう。

表2に膝関節まわりの最大トルクとジャンプ力のデータを示した。膝関節まわりの最大トルク・伸展は、右319Nm(体重あたり3.5Nm/kg)、左352Nm(体重あたり3.8Nm/kg)であり、左右差が11%と大きかった。2009年時は右387Nm(体重あたり4.3Nm/kg)、左307Nm(体重あたり3.4Nm/kg)と、この3年間で一定した向上はみられていない。さらに、左右の大小が逆転しているという状況でもあり、筋力の左右差に課題を残している。いっぽう最大トルク・屈曲は右217Nm(体重あたり2.4Nm/kg)、左215Nm(体重あたり2.3Nm/kg)であり、2009年時が右210Nm(体重あたり2.3Nm/kg)、左197Nm(体重あたり2.2Nm/kg)であるため、この3年で体重が5kg増加しているにも拘わらず、体重あたりの値は左右とも0.1ポイントの向上がみられている。

垂直ジャンプ、リバウンドジャンプについては(表2)、垂直跳び・腕振りなしが57.6cmと2009年に比べて約7cm高くなり、リバウンドジャンプではパワー指標(RJindex)が2.486と2009年の2.403に比べて維持されているという結果であった。右代選手はこの3年間で約5kg強の筋量増加があるなかで、垂直ジャンプ能力が大幅に向上していた。体重増加の影響によりパフォーマンス低下が懸念されるリバウンドジャンプのパワーについては維持されている状況であり、概ね下肢のパワーが増大していることは確認できた。

表2 右代選手の膝関節まわりの最大トルクとジャンプ力

等速性関節トルク(Biodex)膝関節60deg/s		25歳		23歳	
		2012/2/6	2009/12/17	2012/2/6	2009/12/17
伸展 [Nm]	右	319	387		
	左	352	307		
屈曲 [Nm]	右	217	210		
	左	215	197		
伸展/体重[Nm/kg]	右	3.5	4.3		
	左	3.8	3.4		
屈曲/体重[Nm/kg]	右	2.4	2.3		
	左	2.3	2.2		
左/右比 [%]	伸展	110	79		
	屈曲	99	94		
屈/伸比 [%]	右	68	54		
	左	61	64		

垂直ジャンプ	25歳		23歳	
	2012/2/6	2009/12/17	2012/2/6	2009/12/17
垂直跳び・腕振り有り[cm]	68.7	59.5		
垂直跳び・腕振り無し[cm]	57.6	50.1		
垂直跳び・腕振り反動無し[cm]	54.8	45.4		

リバウンドジャンプ(腕振りなし)			
跳躍高 [cm]	46.4	44.9	
接地時間 [msec]	187	180	
RJ Index [なし]	2.486	2.403	

Ⅲ. 得点プロファイルの変化について

A. 方法

世界クラス66名(8006-9026点)のデータから作成した5段階評価(持田ほか、2010b)を基準に右代選手の得点プロファイルについて年次別に評価した。なお、5段階の評価表示は+2、+1、±0、-1、-2とした。

B. 結果・考察

表3 右代選手の十種競技得点プロフィール

		100m	LJ	SP	HJ	400m	110mH	DT	PV	JT	1500m	1日目	2日目	
2009年日本GP(10月)	記録 7856点 得点	11.53 746	-0.6 783	6.87 704	+2.1 704	2.02 822	50.88 774	15.23 822	+1.7 772	45.26 790	4.60 948	73.82 695	4'37.65 3829	4027
2010年日本GP(4月)	記録 7930点 得点	11.27 801	+1.9 776	6.84 692	+1.0 692	2.05 850	50.61 787	15.16 830	+0.2 774	45.36 819	4.70 882	69.49 719	4'33.94 3906	4024
2011年日本選手権(6月)	記録 8073点 得点	11.39 776	-1.1 804	6.96 711	+0.9 711	2.06 859	50.28 802	14.93 858	+0.5 740	43.67 880	4.90 936	73.06 707	4'35.83 3952	4121

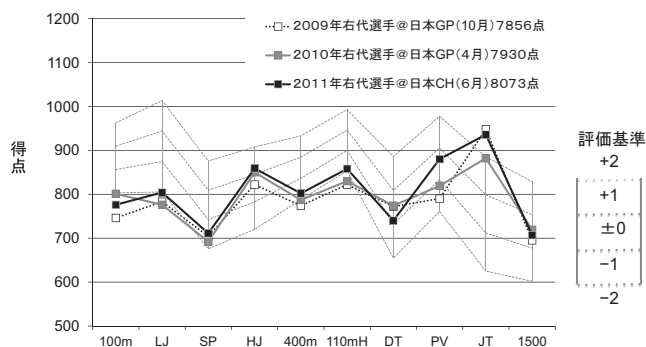


図2 右代選手の十種競技得点プロフィール

表3と図2に、右代選手の各年度における最高記録時の得点プロフィールを示した。持田ほか(2010b)の報告によれば、世界大会ベスト16位(8100点)以上の選手らは、各種目に得手不得手はあるものの、-2に相当する種目は見当たらない。今後日本人選手が世界クラスで戦うためには-2の種目、つまり大きく足を引っ張る種目が無いような得点構成にリバランスすることが課題となる。

2009年度7856点のプロファイルで評価が-2となる種目は、100m(11秒53)、走幅跳(6m87cm)、400m(50秒88)、110mH(15秒23)であった。それぞれ、-1レベルにステップアップするためには、100mが11秒26、LJが6m97cm、400mが50秒56、110mHが14秒97以上のパフォーマンスとならなければならない。

100mは、2010年が11秒27(+1.9)、2011年には11秒39(-1.1)と2009年の11秒53(-0.6)より上回った記録で走ってきた(+30~55点相当)。評価-1レベルまでに達していないがスプリント能力の向上が図られている模様だ。

LJは、2011年には6m96cmを記録し、2009年に比べ約10cmアップした(+20点相当)。あと1cmで-1レベルに達するところまで来た。

400mは、2010年が50秒61、2011年には50秒28と2009年の50秒88から毎年約0.3秒ずつタイムが短縮してきた(+28点相当)。評価-1レベルにステップアップした。

110mHは、2010年に15秒16、2011年には14秒

93と2009年の15秒23より2年間で0.3秒タイムを短縮してきた(+36点相当)。この種目も評価-1レベルにステップアップすることができた。

総合得点では、2009年の7856点から2011年の8073点まで217点のアップであった。そのうち115点(53%)が重点課題種目(4種目)によるものであった。つまり、今般の日本記録更新に重点課題種目強化への取り組みの成果が大きく貢献していたことと言えよう。

IV. 重点課題種目のパフォーマンス詳細について

① 100m

A. 方法

2009年から2011年に開催された日本選手権など計6大会を対象に、100mレース中の走速度を測定した。(ただし、2009年10月の日本GP@群馬の右代選手データは欠損)。測定には、レーザー方式の距離・走速度測定装置(LDM300 CLaveg Sports, JENOPTIK社製, 100Hz)を用いた。スタート位置後方より競技者腰背部へ不可視レーザービームを照射し、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速度を算出した。なおデータの平滑化には、遮断周波数0.5Hzのローパスフィルタを用いた。

100m記録はスプリント能力指標として用いることができるが、レース中の風速がタイムに及ぼす影響が大きく、異なる気象環境下でのパフォーマンス比較が困難である。そのため、スプリント能力の把握には、風速の影響を取り除いた調整タイム(MUREIKA, 2001)を用いた。

B. 結果・考察

図3は右代選手の100m調整タイムの年次変化を示したものである。公式記録をみると2009年6月の日本選手権から順に、11秒48(+0.5), 11秒53(-0.6), 11秒27(+1.9), 11秒45(-0.9), 11秒37(-

選手名	大会	公式記録 (風速)	調整タイム (調整値)
右代啓祐	日本選手権	11.39	11.30
	2011.6.4	(-1.1)	(-0.09)
右代啓祐	GP和歌山	11.37	11.24
	2011.4.23	(-1.6)	(-0.13)
右代啓祐	日本選手権	11.45	11.38
	2010.6.12	(-0.9)	(-0.07)
右代啓祐	GP和歌山	11.27	11.39
	2010.4.24	(+1.9)	(+0.12)
右代啓祐	GP群馬	11.53	11.48
	2009.10.10	(-0.6)	(-0.05)
右代啓祐	日本選手権	11.48	11.51
	2009.6.25	(+0.5)	(+0.03)

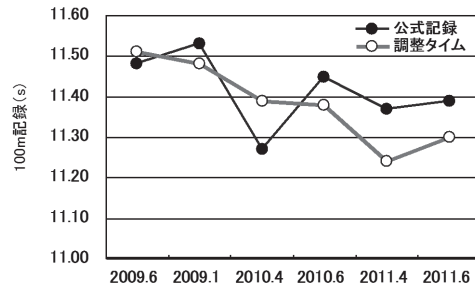


図3 右代選手 100m 走調整タイムの年次変化

表4 右代選手の 100m 走パフォーマンス (2009 - 2011)

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	11.39	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	3.18	8.74	9.47	9.86	10.00	10.01	9.99	9.89	9.74	9.46	
右代啓祐	11.37	GP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	4.97	8.91	9.72	10.00	10.00	9.88	9.80	9.73	9.77	9.54	
右代啓祐	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	4.11	8.79	9.60	9.81	9.89	9.90	9.83	9.68	9.48	9.19	
右代啓祐	11.27	GP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	3.82	8.85	9.58	9.93	10.06	10.08	10.03	9.95	9.73	9.49	
右代啓祐	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	2.53	8.75	9.51	9.88	9.96	9.88	9.78	9.61	9.39	9.17	

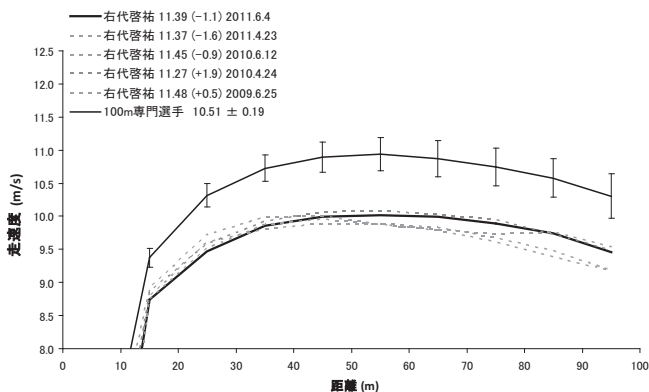


図4 右代選手の 100m 走速度曲線

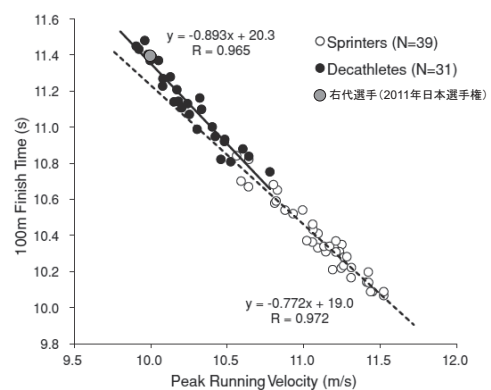


図5 100m 走での走速度ピークとフィニッシュタイムとの関係

1.6), 11 秒 39(-1.1) と高下しているが、調整タイムでは、11 秒 51, 11 秒 48, 11 秒 39, 11 秒 38, 11 秒 24, 11 秒 30 と順調に短縮しており、スプリント能力は経年的に向上していると言えよう。

表4 と図4 は 100m の通過タイムと区間走速度、そしてレース中の走速度変化を分析したものである。

専門選手および十種競技選手の走速度ピークと

フィニッシュタイムの間には強い関連性が認められている (図5)。十種競技選手においても記録短縮には走速度ピークを向上させることが必要と考えられる。ただし、右代選手の場合、専門選手での走速度ピーク - フィニッシュタイム関係における回帰直線の延長から離れ、走速度ピークから期待されるフィニッシュタイムよりも長かった (図5)。統計

表5 右代選手の走幅跳パフォーマンス (2009 - 2011)

選手	試技	2011日本選手権	2011和歌山	2010日本選手権	2010和歌山	2009群馬	2009和歌山
	記録	m 6m96 (+0.9)	7m03 (+1.8)	7m18 (+1.8)	6m84 (+1.0)	6m87 (+2.1)	6m82 (+0.7)
右代 啓祐	助走最高速度	m/s 9.57	9.72	9.74	9.46	9.64	9.42
	踏切水平速度	m/s 7.29	7.77	7.26	7.31	7.53	7.32
	(減速)	m/s (-2.28)	(-1.95)	(-2.48)	(-2.15)	(-2.11)	(-2.10)
	接地時間	ms 147	143	153	153	157	167
	滞空時間	ms 823	803	847	840	827	781

学的信頼性は低いところでの解釈となるが、これは加速局面、もしくはレース後半での減速局面に課題があるかもしれない。レース中の速度変化をみると、右代選手は加速局面での速度が速い時に、後半の減速が大きくなり、結果フィニッシュタイムが長いケースがある。今後、加速と減速との関係性にも着目して詳細に検討をすすめていきたい。

②走幅跳

A. 方法

2009年から2011年に開催された計6大会について測定を実施した。助走速度ピーク、踏切後の跳躍速度水平成分(水平初速度)、踏切の接地時間、滞空時間について測定を行なった。助走速度の測定には、レーザー方式の位置・速度測定装置(LAVEG、100Hz)を用いた。助走路後方より選手の腰背部に不可視レーザーを照射し、得られた位置データを時間微分して速度を算出することで、助走速度のピーク値を得た。このときのデータ平滑化には、遮断周波数0.5 Hzのバターワースローパスフィルタを適用した(小山ら、2007;松林ら、2010)。水平初速度に関しては、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初速度のままほぼ一定になるという仮定に基づき、LAVEGデータから滞空期の平均速度を算出し、これを利用した。ただしこのときにはLAVEGデータの平滑化は行わず、時間-位置情報を回帰した直線の傾きを平均速度とした。このように処理を行ったのは、滞空期前後の踏切動作、着地動作では急激な速度変化がおきるため、平滑処理をおこなうとこれらがデータに大きく影響し、本来の速度を反映しない可能性が考えられたためである。踏切離地と砂場接地の時間については、踏切板側方からハイスピードカメラ(EXILIM EX-F1、300fps)を用いて撮影した映像より判断した。なお、映像とLAVEGデータの同期は、選手の腰背部が踏切

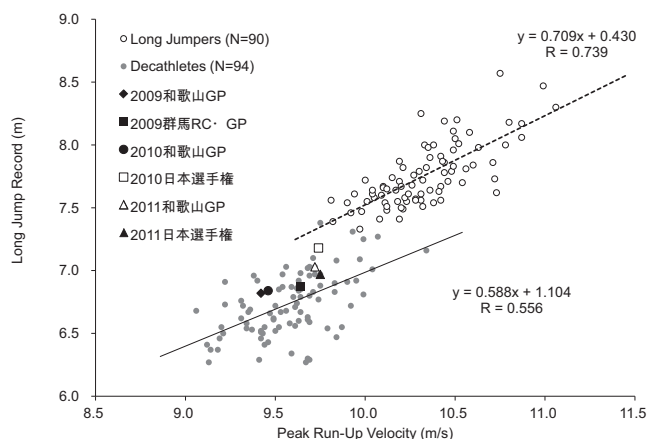


図6 助走最高速度と跳躍距離との関係

位置を通過する時間を各データ上で読み取り、これを基準として合わせた。踏切の接地時間、滞空時間の算出にも、同じ映像を用いた。

B. 結果・考察

表5に、各大会での測定結果を示した。2009年度は6m80cm台の記録であったが、2010、2011年度には7m台を超える記録が出るなどレベルアップが図られている。図6に助走速度ピークと走幅跳記録との関係を示した。走幅跳専門選手同様に十種競技選手においても、両指標間に正の相関関係が認められている(松林ほか、2012)。ただし、両指標の回帰直線は専門選手の回帰直線よりも低い位置となっている。つまり、十種競技選手では同じ助走速度から得られる跳躍距離が専門選手に比べて短い。

右代選手の両指標間の関係をみると、助走速度から得られている跳躍距離は走幅跳選手に比べるとやはり短い、十種競技選手の中では長いほうであった。また、個人内変化からも助走速度ピークと走幅跳記録の関係が成立しているため、助走速度を速くする(なる)ことで記録を伸ばせる技能を有している可能性が高い。

助走速度を高めるためには、自身の走能力と助走

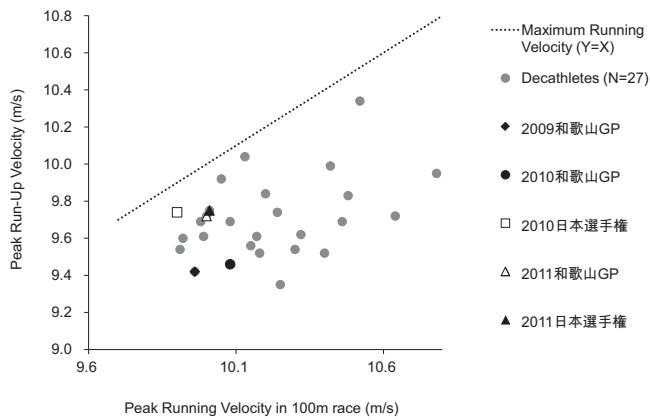


図7 100mでの走速度ピークと走幅跳での助走速度ピークとの関係

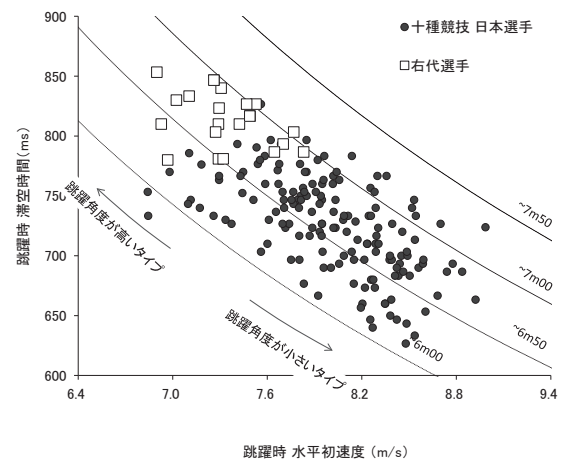


図9 跳躍時の水平初速度と滞空時間の関係

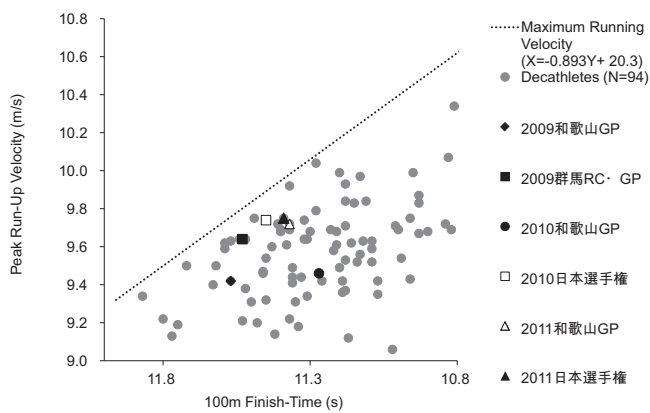


図8 100mフィニッシュタイムと走幅跳での助走速度ピークとの関係

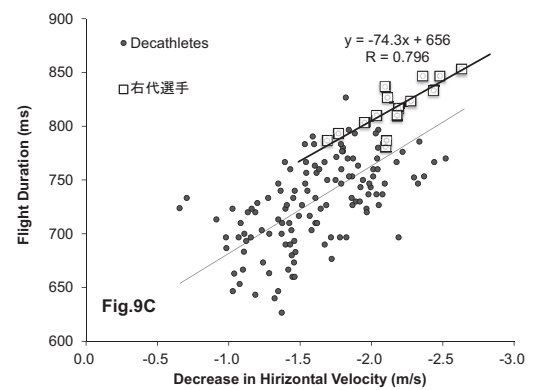


図10 跳躍時の水平初速度と滞空時間の関係

での活用度にある（松林ほか、2012）。図7と図8に走能力指標と走幅跳での助走速度ピークとの関係を示した。図7は100mでの走速度ピークと、図8は100mフィニッシュタイムとの関係である。一般的に走能力が高い選手ほど助走速度も高くなると考えられるが、実際には両指標間に明確な関係性は認められていない。走能力が高い選手には、助走速度を最大限近くまで高めている者は少ない。その中で、右代選手は、特に2011年度においては、助走速度への走能力の活用は高い方である（図7、図8）。

図9は踏切時水平速度と跳躍の滞空時間との関係を示したものである。補助線にそって右下にプロットされるほど跳躍角度が小さいタイプ、左上では跳躍角度が高いタイプの跳躍であったことを表している。右代選手は、どの跳躍も跳躍角度が高いタイプであった。

図10は、水平速度の減少と滞空時間との関係を示したものである。右代選手は両指標間に明確な関係性が認められる。これは、水平速度が減少した分は、鉛直速度を獲得できている可能性を示し、おそ

らく滞空時間の獲得が、踏切足を中心とした身体の前方向回転動作（水平方向から鉛直方向への運動の転換）に強く依存して行われていることが推察される。しかしながら、この転換の程度と跳躍記録の間には関係性が認められないことから、跳躍記録には助走速度の影響が大きいと考えられた（松林ほか、2012）。

右代選手の走幅跳での課題は、現在の跳躍スタイルを保持しながら助走速度を高めることにあるだろう。そして、それは100m走の走速度ピークあるいはフィニッシュタイム短縮を目指すことで連動的に克服できる可能性が高いと考えられる。

③400m

A. 方法

400m走レース中のスピード分析は、Overlay方式（持田ほか、2007）を用いて行った。基準は400mハードルの位置とし、それぞれの区間平均スピード(m/sec)、区間平均ピッチ(Hz)、区間平均ステップ長(m)を求めた。ピッチは、区間内6～9サイクル

表6 右代選手の400m走パフォーマンス(2009-2011)

■ラップタイム(sec)

日付	大会名	記録(s)	45m	80m	115m	150m	185m	220m	255m	290m	325m	360m	400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	6.14	9.98	13.86	17.87	22.11	26.36	30.66	35.10	39.68	44.44	50.28
2011.4.23	GP和歌山	50.80	6.17	10.11	14.16	18.30	22.59	26.94	31.37	35.89	40.44	45.08	50.80
2010.6.12	日本選手権	50.58	6.24	10.19	14.14	18.22	22.39	26.56	30.75	35.17	39.77	44.66	50.58
2010.4.24	GP和歌山	50.61	6.44	10.41	14.40	18.55	22.67	26.94	31.25	35.60	40.19	44.85	50.61
2009.10.10	群馬RC	50.88	6.38	10.38	14.52	18.68	22.88	27.10	31.38	35.80	40.32	45.10	50.88
2009.6.26	日本選手権	50.77	6.34	10.49	14.62	18.82	23.02	27.29	31.70	36.06	40.56	45.15	50.77
2009.4.18	和歌山GP	50.60	6.34	10.39	14.20	18.17	22.27	26.44	30.75	35.14	39.49	44.31	50.60

■区間タイム(sec)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	6.14	3.84	3.89	4.00	4.24	4.26	4.30	4.44	4.58	4.76	5.84
2011.4.23	GP和歌山	50.80	6.17	3.94	4.05	4.14	4.29	4.36	4.42	4.52	4.55	4.64	5.72
2010.6.12	日本選手権	50.58	6.24	3.95	3.95	4.07	4.17	4.17	4.19	4.42	4.61	4.89	5.92
2010.4.24	GP和歌山	50.61	6.44	3.97	3.99	4.15	4.12	4.27	4.30	4.35	4.59	4.66	5.77
2009.10.10	群馬RC	50.88	6.38	4.00	4.13	4.17	4.20	4.22	4.28	4.42	4.52	4.78	5.78
2009.6.26	日本選手権	50.77	6.34	4.15	4.12	4.20	4.20	4.27	4.40	4.37	4.49	4.59	5.63
2009.4.18	和歌山GP	50.60	6.34	4.05	3.80	3.97	4.10	4.17	4.30	4.39	4.35	4.82	6.29

■区間スピード(m/sec)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	7.33	9.12	9.00	8.74	8.26	8.23	8.13	7.89	7.64	7.35	6.85
2011.4.23	GP和歌山	50.80	7.29	8.89	8.63	8.46	8.16	8.04	7.92	7.74	7.69	7.55	6.99
2010.6.12	日本選手権	50.58	7.21	8.85	8.86	8.59	8.39	8.39	8.36	7.92	7.60	7.16	6.76
2010.4.24	GP和歌山	50.61	6.99	8.82	8.78	8.43	8.49	8.19	8.13	8.04	7.63	7.52	6.94
2009.10.10	群馬RC	50.88	7.05	8.75	8.47	8.40	8.33	8.30	8.17	7.92	7.75	7.32	6.92
2009.6.26	日本選手権	50.77	7.10	8.43	8.49	8.33	8.33	8.19	7.95	8.02	7.79	7.63	7.11
2009.4.18	和歌山GP	50.60	7.10	8.63	9.20	8.81	8.53	8.39	8.13	7.98	8.04	7.26	6.36
48秒台平均モデル	平均値	48.55	7.55	9.33	9.20	9.07	8.86	8.64	8.40	8.14	7.80	7.66	7.13
n=10	標準偏差	0.23	0.27	0.24	0.20	0.19	0.17	0.22	0.14	0.15	0.28	0.29	0.29

■ピッチ(Hz)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-400m
2011.6.4	日本選手権	50.28	—	3.83	3.75	3.62	3.57	3.60	3.57	3.56	3.50	3.44	3.27
2011.4.23	GP和歌山	50.80	—	3.76	3.71	3.62	3.54	3.57	3.51	3.51	3.55	3.49	3.34
2010.6.12	日本選手権	50.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2010.4.24	GP和歌山	50.61	—	3.75	3.70	3.62	3.63	3.59	3.59	3.56	3.50	3.44	3.29
2009.10.10	群馬RC	50.88	—	3.71	3.64	3.60	3.59	3.62	3.59	3.59	3.53	3.44	3.36
2009.6.26	日本選手権	50.77	—	3.65	3.63	3.53	3.54	3.50	3.56	3.54	3.56	3.48	3.35
2009.4.18	和歌山GP	50.60	—	3.71	3.69	3.66	3.66	3.62	3.57	3.53	3.51	3.38	3.25
48秒台平均モデル	平均値	48.55	—	4.12	4.00	3.91	3.84	3.81	3.77	3.74	3.72	3.68	3.50
n=10	標準偏差	0.23	—	0.16	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13

■ステップ長(m)

日付	大会名	記録(s)	S-45m	45-80m	80-115m	115-150m	150-185m	185-220m	220-255m	255-290m	290-325m	325-360m	360-G
2011.6.4	日本選手権	50.28	—	2.38	2.40	2.42	2.31	2.28	2.28	2.22	2.19	2.14	2.09
2011.4.23	GP和歌山	50.80	—	2.36	2.33	2.34	2.31	2.25	2.26	2.21	2.16	2.16	2.09
2010.6.12	日本選手権	50.58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2010.4.24	GP和歌山	50.61	—	2.35	2.37	2.33	2.34	2.29	2.27	2.26	2.18	2.19	2.11
2009.10.10	群馬RC	50.88	—	2.36	2.33	2.33	2.32	2.29	2.28	2.21	2.20	2.13	2.06
2009.6.26	日本選手権	50.77	—	2.31	2.34	2.36	2.35	2.34	2.24	2.26	2.19	2.19	2.12
2009.4.18	和歌山GP	50.60	—	2.33	2.49	2.41	2.33	2.32	2.28	2.26	2.29	2.15	1.96
48秒台平均モデル	平均値	48.55	—	2.27	2.30	2.32	2.31	2.27	2.23	2.18	2.10	2.09	2.04
n=10	標準偏差	0.23	—	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.09

(12～18steps) に要した時間から平均1ステップ時間を求め、その逆数とした。ステップ長は、区間スピードを区間ピッチで除すことにより求めた。なお、参照データは48秒台選手のモデルレースパターン (n=10) とした。

B. 結果・考察

表6に各大会での測定結果、400m走のラップタイム、区間タイム、区間スピード、区間ピッチ、区間ステップ長を示した。区間スピード、区間ピッチ、区間ステップ長のグラフについては図11、図12、図13にそれぞれ示した。

400mの記録は2009年(50秒88)から0.6秒更新(50秒28)している。それは、特に前半区間(スタートから150m区間)でのスピードアップ(約0.8秒短縮)による影響が大きい。400m走では記録が良い者ほど前半速度が速い傾向にあることから(持田ほか、2010a)、好ましい方向性と言える。49秒台、さらに48秒台へとレベルアップを図るためには、さらなる前半区間でのスピードアップが求められる。48秒台の平均モデルと比べると右代選手のステップ長は同じくらいかやや長い。しかし、ピッチは明らかに遅い。しかしながら、右代選手のピッチは身長割にはやや速く、ステップ長は短い傾向にある。2009年度には次のように強化の可能性を述べた(持田ほか、2010c)。

「相対的な観点で言えば、身長比ステップ長の延長が課題といえる。ただし、絶対的観点で考えれば、長身の利点で得られた専門選手レベルのステップ長を低下させず、劣るピッチを高めることを課題とするということも考えられる。どのように強化を進めていくかは、身体的・技術的特徴を踏まえ議論が必要で、経過を観察しながら検討していきたい。」

さて実際に経過を観察したところ、2009年(50秒88)と2011年(50秒28)とでは、前半区間のステップ長が2～9cm伸びていて、右代選手は身長比あたりのステップ長が延伸していた(図13)。また、ピッチも0.02～0.11Hz程度速くなっており、両指標の高まりによりスピードアップが図られたと言えよう。

49秒台、48秒台へとレベルアップを図るためには、さらなる前半区間でのスピードアップが求められることは前述した。その課題として、身長比あたりのステップ長延伸が挙げられよう。さらには、150mから185m区間でのスピード低下、いわゆる中だるみをなくすトレーニングも考えておく必要があ

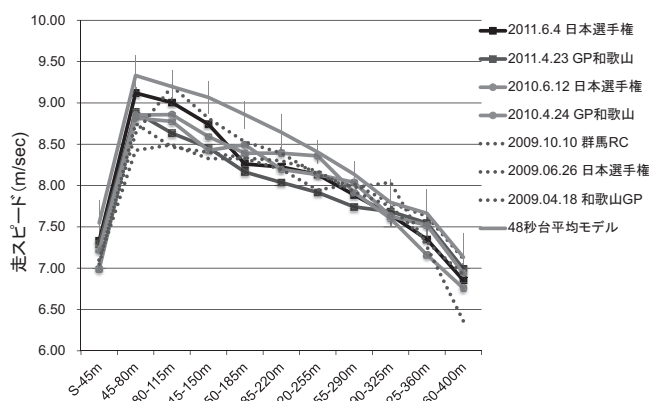


図11 400 m走レース中の速度変化

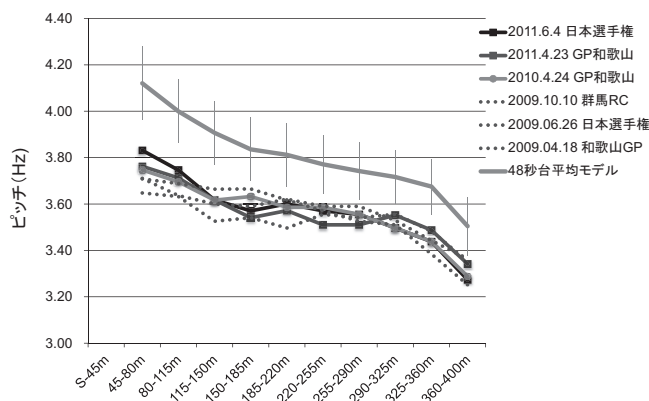


図12 400 m走レース中のピッチ変化

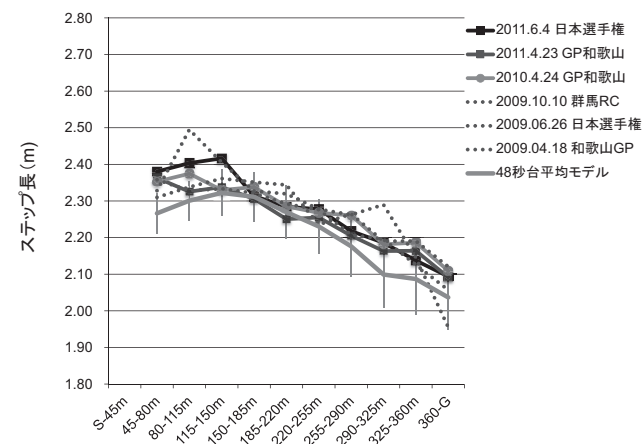


図13 400 m走レース中のステップ長変化

るかもしれない。この区間ではステップ長およびピッチ双方とも低下が著しい(図12、13)。48秒台平均モデルを参考にステップ長のゆるやかな低下を図るレーススペースを踏まえたトレーニングも必要と考えられる。

④ 110m ハードル

A. 方法

110mHではデジタルハイスピードカメラ(カシ

表7 110m ハードルのタッチダウンタイムと区間タイム

選手名	記録	大会	上段:タッチダウンタイム [s]			下段:区間タイム [s]							
			1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	finish
右代啓祐	15.20	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
右代啓祐	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
右代啓祐	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

オ製 EX-F1 もしくは EX-FH20) を用いてタッチダウンタイムを測定し、区間タイムを求めた。2009年度当初はレーザー方式の距離測定装置 (LDM300C-Sports; JENOPTIK 社製) を用い通過タイムを求めていた (松尾ら, 2007)。しかし、測定の継続性・安定性などの諸事情により 2010 年度よりデジタルハイスピードカメラを用いた分析でのデータ収集に変更した (戻した)。そのため、本稿では 2010 年度、2011 年度の大会で分析したデータについてのみ報告する。

B. 結果と考察

表7に各大会の分析結果として、タッチダウンタイムと区間タイムを示した。右代選手は2009年の15秒23から2年間で0.3秒タイムを短縮した。図14はレース中の区間タイム変化を示している。右代選手の15秒2台のレースをみると区間ごとに多少ばらつくものの、第1区間(1st-2nd)から第9区間(9th-10th)まで距離を重ねる毎に区間タイムが長くなっている(1.15秒→1.24秒)。いっぽう、14秒93のレースでは、第7区間まで1.17秒の区間タイムで安定して走ることができていた。第1区間(1st-2nd)のタイムは変わらない(1.15~1.17秒)スピードレベルなので、それ以降の「インターバル走」、「踏み切り」、「着地」技術が向上したことによるものであろう。今後は、第1ハードルまでのスピードアップ、そして区間タイムのさらなる短縮が求められるが、それにはスプリント力向上とその能力を活かしたハードル技術の習得が不可欠である。(図15)。

V. まとめ

本稿では、日本記録樹立までのここ3年間における右代選手のパフォーマンス変化、特に重点課題種目(100m、走幅跳、400m、110mH)について報告し、今後の課題について検討した。

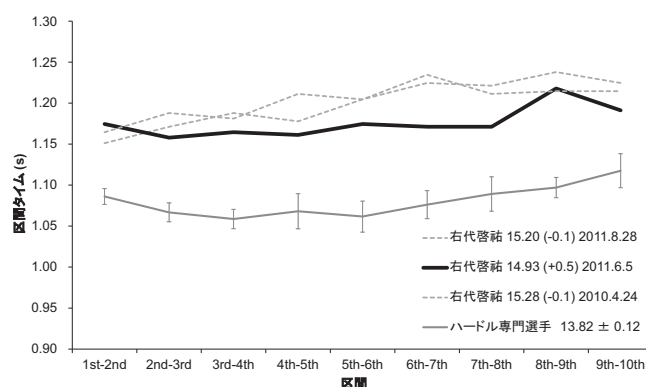


図14 110m ハードルの区間タイム

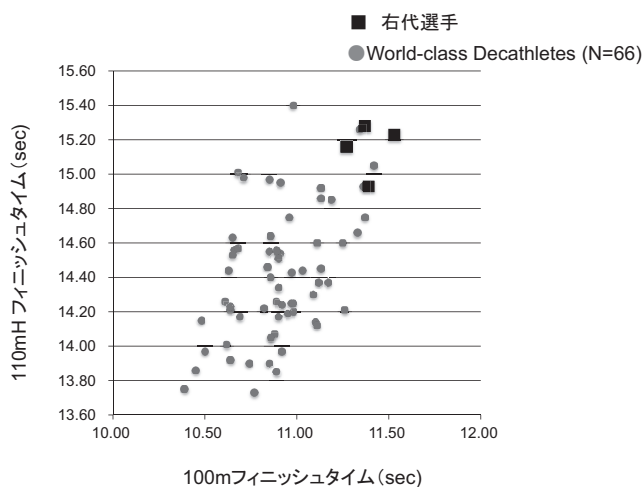


図15 100m と 110mH との関係

- 100m 走でのスプリント力は、2009 年より順調に向上していた。今後、右代選手の場合は加速と減速との関係性にも着目してパフォーマンス分析を検討し対策を練る必要がある。
- 走幅跳での課題は、現在の跳躍スタイルを保持しながら助走速度を高めることである。右代選手の場合、過去の傾向から 100m 走の走速度ピークあるいはフィニッシュタイム短縮を目指すことで連動的に克服できる可能性が高い。
- 400m 走では、前半区間でのさらなるスピードアップが求められる。その課題として身長比あ

たりのステップ長を延ばす（延びる）ことが必要かもしれない。また、150m から 185m 区間でのスピード低下（中だるみ）がないよう、レーススペースを踏まえたトレーニングも導入した方が良くだろう。

4. 110m ハードルでは、第1ハードルまでのスピードアップ、そして区間タイムのさらなる短縮が求められる。それにはスプリント力向上とその能力を活かしたハードル技術の習得が不可欠となる。

参考文献

- 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.
- 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（2012）陸上競技・混成選手のパフォーマンス分析. トレーニング科学研究会、27-35.
- MUREIKA, J. R. (2001) A Realistic Quasi-physical Model of the 100 Metre Dash. Canadian Journal of Physics, 79 (4), p. 697-713.
- 持田尚、杉田正明（2010a）世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニクス分析, 世界一流競技者のパフォーマンスと技術, 財団法人日本陸上競技連盟, 51-75.
- 持田尚、松林武生、松尾彰文、松田克彦、本田陽、阿江通良（2010b）混成強化部への科学的サポート—得点分析からみた日本十種競技界の現状と課題—, 陸上競技研究紀要, 6: 122-125.
- 持田尚、松林武生、松尾彰文、松田克彦、本田陽、阿江通良（2010c）十種競技選手のスプリント種目での走パフォーマンス分析, 陸上競技研究紀要, 6: 126-136.