

## 2022年シーズンにおける十種競技選手のパフォーマンス分析

松林 武生<sup>1)</sup> 小山 宏之<sup>2)</sup> 貴嶋 孝太<sup>3)</sup> 笠井 信一<sup>4)</sup> 高橋 直己<sup>5)</sup> 大西 克広<sup>3)</sup>  
眞鍋 芳明<sup>6)</sup>

1) 国立スポーツ科学センター 2) 京都教育大学 3) 大阪体育大学 4) 愛知淑徳大学  
5) 東京学芸大学大学院 6) 中京大学

### 1. はじめに

日本陸上競技連盟科学委員会では、強化指定選手の競技力向上に活用する情報収集活動として、主要競技会におけるパフォーマンス分析を実施している。本稿では、2022年シーズンにおける十種競技選手の100m、走幅跳、400m、110mハードルでのパフォーマンス分析結果について報告する。

### 2. 方法

#### 2-1. 分析対象

第9回木南道孝記念陸上競技大会(2022年4月30日-5月1日)および第106回日本陸上競技選手権大会・混成競技(2022年6月4-5日)の十種競技に出場した強化指定選手5名(奥田啓祐選手、田上駿選手、中村明彦選手、右代啓祐選手、丸山優真選手)を分析対象とした。

#### 2-2. 100m

100mでは、レース中の走速度の推移、および最高走速度時のピッチとストライド長を分析した。ハイスピードカメラ(Lumix GH5S、Panasonic社製、239.76fps)を用いて観客席からレースを撮影し、ハードル種目でのハードル設置位置マークなど距離が既知である地点の通過タイムを、スタート信号の閃光からの経過フレーム数に基づいて算出した。これをスプライン関数で補間することにより時間-距離情報を作成し、10mごとの通過タイムと区間走速度を算出した。また、同映像から4歩ごとの接地瞬間のフレームを判断し、これと前述の時間-距離情報から4歩ごとの移動距離および経過時間を得たのち、4歩ごとの走速度を算出した。この走速度が最高となった4歩区間において、経過時間の逆数をと

ることでピッチを、走速度をピッチで除することでストライド長を算出した(松尾ら2011、小林ら2017)。

#### 2-3. 走幅跳の分析方法

走幅跳では、助走時の最高走速度を分析した。選手後方の観客スタンドにレーザードップラー式距離・走速度測定装置(Laveg、100Hz、JENOPTIK社製)を設置し、選手の腰背部へ不可視レーザーを照射することで、助走時の時間-距離情報を取得した。これを遮断周波数0.5Hzのローパスフィルタで処理した後に微分して走速度に変換し、そのピーク値を助走中の最高走速度とした(小山ら2007)。

#### 2-4. 400mにおける分析

400mでは、レース中の走速度の推移、特に最高走速度およびレース終盤での走速度低下率を分析した。3台のデジタルビデオカメラ(Lumix GH5S、Panasonic社製、59.94fps)を用いてレースを撮影した。カメラの設置位置は、第1曲走路の中央付近、バックストレート中央付近、およびホームストレートの中央付近の観客席とした。スタート信号の閃光から選手のトルソーが400mハードル用ハードルの設置位置(45m、80m、115m、150m、185m、220m、255m、290m、325mおよび360m地点)を通過するまでの経過フレームに基づき、各地点の通過タイムを算出した。さらに、50m毎の通過タイムについて、その地点を挟む前後2つのハードル設置位置の通過タイムから時間-距離の直線回帰をすることで推定した。この推定通過タイムに基づいて、50m区間ごとの走速度を算出した。また、この走速度の最高値に対する、350-400m区間での走速度の低下率を算出した(持田ら2007)。

## 2-5. 110mハードルにおける分析

110mハードルでは、各ハードルのタッチダウンタイム、区間タイム、インターバルランタイム、ハードリングタイム、および区間走速度を分析した。3台のハイスピードカメラ (Lumix DC-GH5S、Panasonic 社製、239.76 fps) を用いて、2、5、8台目ハードル側方の観客スタンドからレースを撮影した。得られた映像において、スタート信号の閃光を基準 ( $t=0.00s$ ) として、各ハードルを越える前の踏切脚が接地した時間と、超えた後のリード脚接地 (タッチダウン) の時間を確認した。各ハードルの踏切脚接地からタッチダウンまでの所要時間をハードリングタイム、リード脚接地から次ハードル踏切脚接地までをインターバルランタイムと定義した。また、インターバルランタイムとその直後のハードリングタイムとの合計を区間タイムとした。さらには、スタート信号から1台目ハードル後タッチダウンまでをアプローチ区間、10台目ハードル後タッチダウンからフィニッシュまでをランイン区間とし、それぞれの所要時間についても同様に算出した。各区間の平均走速度を、区間距離を区間タイムで除することによって算出した。このとき、各ハードル間の区間距離はそのまま9.14mとしたが、アプローチ区間については1台目ハードルまでの距離13.72mにハードルを越えた後の接地までの距離(1.60mと仮定、尾懸1999、柴山ら2020)を加えた15.32m、ランイン区間は10台目ハードルからフィニッシュラインまでの距離14.02mから同距離を減じた12.42mとした。なお、110mハードルにおける最高走速度の検討は、アプローチ区間およびランイン区間を除く、各ハードル間の区間のみで行った(貴嶋ら2015)。

## 2-6. 専門選手との比較

各種目の専門選手のデータを、過去の科学委員会研究報告等から収集し、比較対象とした。

## 3. 結果および考察

表1に100mの分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた100m記録を示したのは奥田選手であり、その記録は10.71秒であった。図1に、100mにおける最高走速度と記録の関係を示す。最高走速度と記録との間には非常に強い相関関係が認められている(松尾ら2007)。本研究の対象者についても全員がこの回帰直線に沿ってプロットされ、100m記録の短縮には最高走速度の向上が不可欠であることが

再確認された。10秒前半の記録を達成するためには、11.0m/s程度の最高走速度が目安となる。図2に、最高走速度時のピッチとストライドの関係を示す。100m専門選手と比較すると十種競技選手はストライドに関しては同程度であるもののピッチに関しては低い傾向にある。11.0m/s程度の最高走速度を達成するためには、ストライド2.20mでピッチが5.0steps/s、もしくはストライドが2.30mでピッチが4.8steps/sという組み合わせが目安となる。これらを達成するための方策を検討していく必要がある。

表2に走幅跳の分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた走幅跳記録を示したのは丸山選手であり、その記録は7m37であった。図3に、走幅跳助走における最高走速度と跳躍距離との関係を示す。助走速度と跳躍距離の間には相関関係が認められている(小山ら2007、松林ら2010)。本研究の対象者も概ねこの回帰直線に沿ってプロットされたが、助走速度が同程度であっても跳躍距離には1mほど差がある場合も認められた。走幅跳記録の向上には、助走速度の向上とともに、適切に踏切を行う技術も必要であることが再確認された。図4に、100m走における最高走速度と走幅跳助走における最高走速度の関係を示す。100mにおいて観察される最高走速度は、ほぼ最大努力での走速度となる。これに対して走幅跳助走では踏切準備などのために最大よりもわずかに低い努力度での疾走になると考えられる。風の影響を考慮する必要があるものの、図4において $Y=1.00 \times X$ の直線から離れてプロットされている場合はその努力度が低かったと解釈できる。本研究の対象者は、この努力度に関して大きく個人差があるように見受けられた。奥田選手の助走は100m疾走速度の90%程度で行われており、助走速度を高められる余地が比較的大きく残されている可能性が考えられる。一方で右代選手は、100%に近い走速度が助走で発揮されている試技もあったが、助走速度に対する跳躍距離は他選手よりも小さい傾向にあり(図3)、助走が速すぎるという可能性も考えられる。助走が速ければ必要とされる踏切技術も高くなることを踏まえつつ、個々の選手に適した助走速度を検討していく必要がある。

表3に400mの分析結果を示す。本研究のなかで最も優れた400m記録を示したのは奥田選手であり、その記録は48.28秒であった。図5に、400mにおける最高走速度と記録の関係を示す。最高走速度と記録との間には相関関係が認められており(山中ら2018)、400m記録の短縮には最高走速度の向上がひ



表1 100mにおける走速度の推移、最高走速度、および最高走速度時のピッチとストライド

選手名	大会	記録 [s]	上段：通過タイム [s]			下段：区間走速度 [m/s]							最高走速度 [m/s]	出現区間 [m]	ピッチ [steps/s]	ストライド [m]
			10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m				
丸山優真	木南記念	11.01	1.98	3.13	4.16	5.15	6.12	7.08	8.04	9.01	10.00	11.01	10.42	50-60	4.53	2.30
	2022/4/30	(-0.2)	5.04	8.72	9.66	10.13	10.35	10.42	10.39	10.28	10.12	9.91				
田上駿	木南記念	11.14	1.95	3.09	4.13	5.13	6.11	7.09	8.07	9.07	10.09	11.14	10.24	50-60	4.67	2.19
	2022/4/30	(-0.2)	5.13	8.74	9.62	10.04	10.21	10.24	10.16	10.01	9.79	9.52				
中村明彦	木南記念	11.06	1.97	3.09	4.12	5.11	6.08	7.05	8.02	9.01	10.03	11.06	10.32	50-60	4.67	2.21
	2022/4/30	(-0.8)	5.09	8.86	9.74	10.14	10.30	10.32	10.24	10.09	9.89	9.67				
右代啓祐	木南記念	11.66	2.04	3.22	4.31	5.35	6.37	7.40	8.43	9.49	10.56	11.66	9.74	50-60	4.31	2.26
	2022/4/30	(-0.2)	4.90	8.44	9.25	9.61	9.74	9.74	9.66	9.51	9.32	9.08				
奥田啓祐	木南記念	10.71	1.92	3.03	4.03	4.99	5.93	6.87	7.80	8.75	9.72	10.71	10.70	50-60	4.76	2.25
	2022/4/30	(-0.8)	5.21	9.00	9.96	10.43	10.64	10.70	10.65	10.53	10.34	10.12				
奥田啓祐	日本選手権混成	10.82	1.94	3.06	4.07	5.03	5.98	6.92	7.87	8.83	9.81	10.82	10.60	50-60	4.80	2.21
	2022/6/4	(+0.1)	5.15	8.97	9.91	10.36	10.56	10.60	10.54	10.40	10.20	9.95				
田上駿	日本選手権混成	11.12	1.97	3.11	4.14	5.13	6.10	7.07	8.05	9.05	10.07	11.12	10.31	50-60	4.67	2.21
	2022/6/4	(+0.1)	5.07	8.79	9.70	10.12	10.29	10.31	10.21	10.04	9.80	9.50				
中村明彦	日本選手権混成	10.93	1.93	3.05	4.07	5.04	6.00	6.96	7.93	8.91	9.91	10.93	10.44	50-60	4.78	2.18
	2022/6/4	(+0.1)	5.17	8.94	9.83	10.24	10.41	10.44	10.36	10.22	10.01	9.76				
右代啓祐	日本選手権混成	11.45	2.05	3.20	4.26	5.28	6.28	7.28	8.30	9.32	10.37	11.45	9.97	40-50	4.31	2.31
	2022/6/4	(+0.1)	4.89	8.63	9.47	9.84	9.97	9.96	9.87	9.72	9.53	9.30				

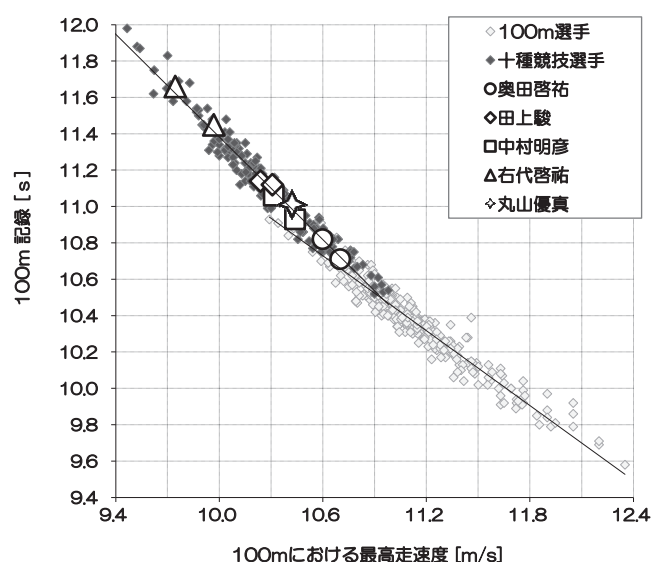


図1 100mにおける最高走速度と記録の関係

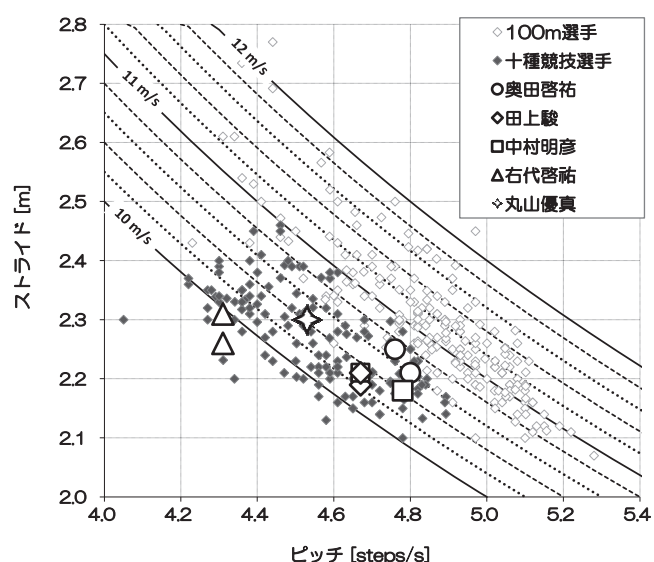


図2 100mにおける最高走速度時のピッチとストライドの関係

表2 走幅跳の跳躍距離と助走における最高走速度

選手名	大会	上段：跳躍距離 [m]			下段：助走最高走速度 [m/s]			100m 記録 [s]
		1跳目	2跳目	3跳目	1跳目	2跳目	3跳目	最高走速度 [m/s]
丸山優真	木南記念	7m23 (0.0)	F (-1.4)	7m37 (+0.2)				11.01 (-0.2)
	2022/4/30	10.00	9.67	9.91				10.42
田上駿	木南記念	6m95 (-0.3)	7m31 (+1.0)	7m21 (+0.2)				11.14 (-0.2)
	2022/4/30	9.44	9.55	9.58				10.24
中村明彦	木南記念	F (+0.2)	7m08 (-1.2)	6m90 (+1.2)				11.06 (-0.8)
	2022/4/30	9.73	9.69	10.01				10.32
右代啓祐	木南記念	6m46 (-0.5)	F (-1.4)	6m57 (+2.8)				11.66 (-0.2)
	2022/4/30	9.54	9.76	9.87				9.74
奥田啓祐	木南記念	F (-2.3)	F (+1.8)	7m07 (-2.2)				10.71 (-0.8)
	2022/4/30	9.61	9.87	9.62				10.70
奥田啓祐	日本選手権混成	6m91 (0.0)	6m85 (-1.5)	7m04 (+2.7)				10.82 (+0.1)
	2022/6/4	9.22	9.20	9.59				10.60
田上駿	日本選手権混成	7m23 (+0.8)	7m00 (+0.1)	7m10 (+0.7)				11.12 (+0.1)
	2022/6/4	9.71	9.65	9.59				10.31
中村明彦	日本選手権混成	6m83 (0.0)	F (-0.4)	7m10 (+0.9)				10.93 (+0.1)
	2022/6/4	9.77	9.64	9.98				10.44
右代啓祐	日本選手権混成	6m37 (+0.8)	6m42 (0.0)	6m21 (+0.1)				11.45 (+0.1)
	2022/6/4	9.56	9.53	9.72				9.97

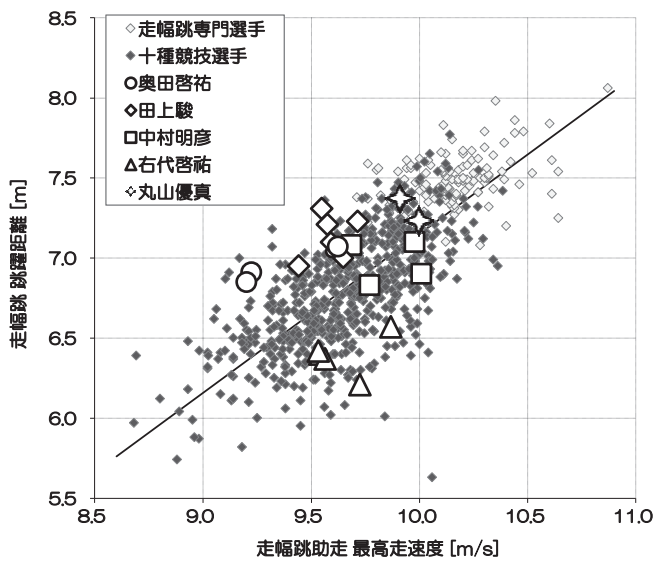


図3 走幅跳助走における最高走速度と跳躍距離の関係

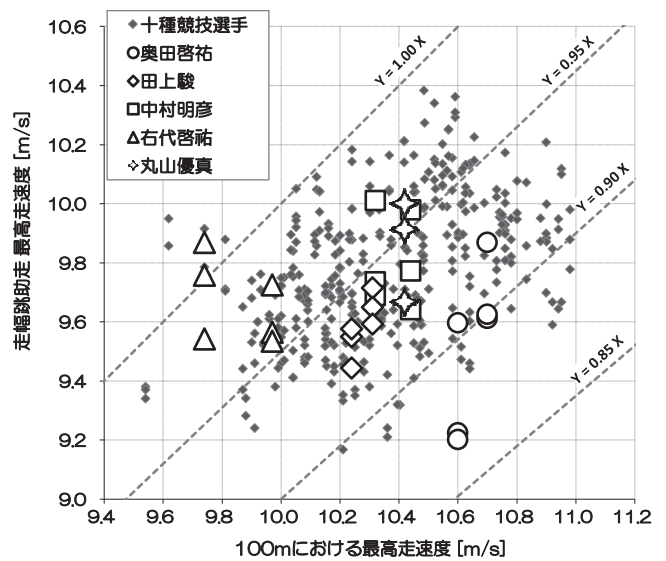


図4 100m 走における最高走速度と走幅跳助走における最高走速度の関係

表3 400mにおける走速度の推移、最高走速度、および走速度低下率

選手名	大会	記録 [s]	上段：通過タイム [s] 下段：区間走速度 [m/s]								最高走速度 [m/s]	出現区間 [m]	走速度低下率 [%]
			50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m			
丸山優真	木南記念	48.96	6.52	11.94	17.42	23.15	29.08	35.30	41.88	48.96	9.22	50-100	23.38
	2022/4/30		7.67	9.22	9.13	8.72	8.44	8.03	7.60	7.06			
田上駿	木南記念	49.74	6.58	11.88	17.33	23.11	29.21	35.65	42.43	49.74	9.42	50-100	27.40
	2022/4/30		7.60	9.42	9.19	8.65	8.19	7.76	7.37	6.84			
中村明彦	木南記念	50.26	6.58	12.16	17.78	23.69	29.84	36.29	43.05	50.26	8.96	50-100	22.60
	2022/4/30		7.60	8.96	8.89	8.47	8.13	7.75	7.39	6.94			
右代啓祐	木南記念	52.93	6.75	12.37	18.11	24.23	30.62	37.43	44.83	52.93	8.90	50-100	30.67
	2022/4/30		7.41	8.90	8.71	8.17	7.82	7.34	6.76	6.17			
奥田啓祐	木南記念	49.18	6.32	11.65	17.08	22.79	28.73	34.97	41.67	49.18	9.38	50-100	28.97
	2022/4/30		7.91	9.38	9.22	8.75	8.42	8.01	7.46	6.66			
奥田啓祐	日本選手権混成	48.28	6.34	11.55	16.92	22.63	28.67	34.94	41.50	48.28	9.60	50-100	23.23
	2022/6/4		7.89	9.60	9.31	8.76	8.28	7.97	7.63	7.37			
田上駿	日本選手権混成	50.15	6.56	11.94	17.50	23.44	29.70	36.16	42.89	50.15	9.29	50-100	25.81
	2022/6/4		7.62	9.29	9.00	8.42	7.99	7.74	7.43	6.89			
中村明彦	日本選手権混成	50.94	6.37	11.78	17.33	23.26	29.55	36.19	43.17	50.94	9.25	50-100	30.43
	2022/6/4		7.84	9.25	9.01	8.43	7.94	7.54	7.16	6.44			
右代啓祐	日本選手権混成	52.57	6.69	12.21	17.97	24.07	30.54	37.37	44.64	52.57	9.05	50-100	30.33
	2022/6/4		7.48	9.05	8.68	8.19	7.73	7.32	6.88	6.31			

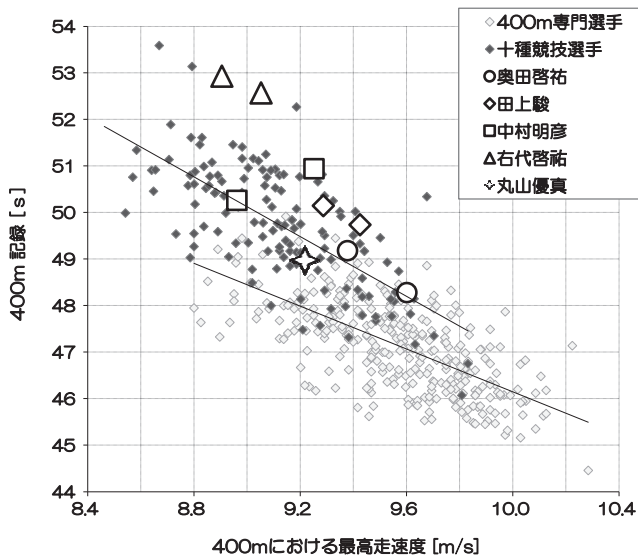


図5 400mにおける最高走速度と記録の関係

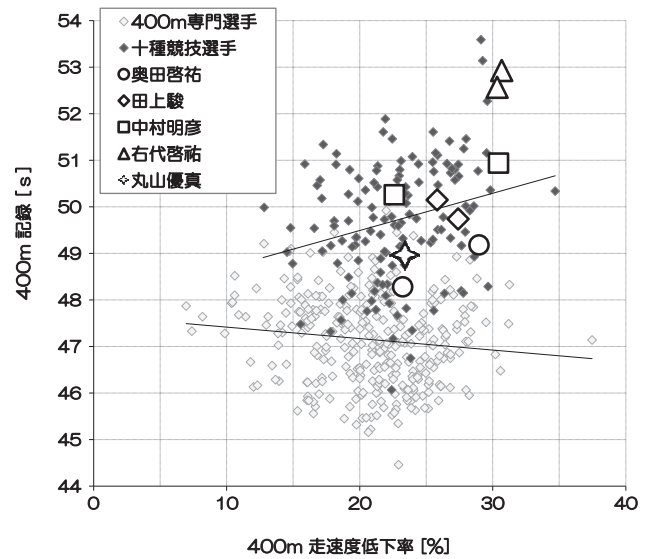


図6 400mにおける走速度低下率と記録の関係

表4 110m ハードルにおける各種タイム、走速度の推移、および最高区間走速度

選手名	大会	記録 [s]	ハードル：										平均値	最高区間走速度 [m/s]	出現区間	100m 記録 [s]	最高走速度 [m/s]		
			区間：	1st app.	2nd 1-2	3rd 2-3	4th 3-4	5th 4-5	6th 5-6	7th 6-7	8th 7-8	9th 8-9						10th 9-10	run-in
丸山優真	木南記念 2022/5/1	14.13 (+1.2)	タッチダウンタイム [s]	2.69	3.82	4.91	5.99	7.07	8.14	9.23	10.36	11.49	12.61	14.13	0.62 0.48	8.54	5-6	10.42	11.01 (-0.2)
			区間タイム [s]	2.69	1.13	1.09	1.08	1.08	1.07	1.10	1.13	1.13	1.13	1.52					
			インターバルランタイム [s]		0.64	0.61	0.60	0.60	0.60	0.63	0.64	0.63	0.64						
			ハードリングタイム [s]	0.51	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.48	0.49	0.48							
田上駿	木南記念 2022/5/1	14.54 (+0.0)	タッチダウンタイム [s]	2.75	3.90	5.03	6.16	7.28	8.40	9.53	10.69	11.84	13.02	14.54	0.59 0.55	8.16	5-6	10.24	11.14 (-0.2)
			区間タイム [s]	2.75	1.15	1.14	1.12	1.12	1.12	1.13	1.16	1.15	1.18	1.52					
			インターバルランタイム [s]		0.58	0.59	0.58	0.58	0.59	0.59	0.62	0.61	0.63						
			ハードリングタイム [s]	0.55	0.57	0.55	0.55	0.54	0.53	0.54	0.55	0.54	0.55						
中村明彦	木南記念 2022/5/1	14.64 (+0.0)	タッチダウンタイム [s]	2.79	3.95	5.09	6.22	7.36	8.50	9.63	10.78	11.94	13.11	14.64	0.61 0.54	8.07	4-5	10.32	11.06 (-0.8)
			区間タイム [s]	2.79	1.16	1.14	1.14	1.13	1.14	1.13	1.14	1.17	1.17	1.53					
			インターバルランタイム [s]		0.61	0.60	0.59	0.60	0.59	0.59	0.62	0.62	0.63						
			ハードリングタイム [s]	0.55	0.55	0.54	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53	0.55	0.54						
右代啓祐	木南記念 2022/5/1	15.50 (+0.0)	タッチダウンタイム [s]	2.77	3.96	5.15	6.35	7.57	8.81	10.03	11.28	12.54	13.81	15.50	0.70 0.53	7.72	2-3	9.74	11.66 (-0.2)
			区間タイム [s]	2.77	1.19	1.18	1.20	1.22	1.23	1.22	1.25	1.26	1.27	1.69					
			インターバルランタイム [s]		0.67	0.67	0.69	0.69	0.70	0.70	0.71	0.73	0.72						
			ハードリングタイム [s]	0.53	0.52	0.51	0.52	0.53	0.53	0.52	0.54	0.53	0.55						
奥田啓祐	木南記念 2022/5/1	14.95 (+1.2)	タッチダウンタイム [s]	2.79	3.96	5.13	6.30	7.47	8.65	9.84	11.03	12.23	13.44	14.95	0.61 0.57	7.84	1-2	10.70	10.71 (-0.8)
			区間タイム [s]	2.79	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20	1.21	1.51					
			インターバルランタイム [s]		0.60	0.60	0.60	0.61	0.61	0.62	0.62	0.62	0.63						
			ハードリングタイム [s]	0.60	0.56	0.57	0.57	0.56	0.57	0.57	0.57	0.58	0.57						
奥田啓祐	日本選手権混成 2022/6/5	14.71 (-2.3)	タッチダウンタイム [s]	2.75	3.90	5.05	6.20	7.35	8.50	9.66	10.82	12.00	13.21	14.71	0.63 0.54	7.98	4-5	10.60	10.82 (+0.1)
			区間タイム [s]	2.75	1.15	1.15	1.15	1.14	1.15	1.16	1.16	1.18	1.20	1.50					
			インターバルランタイム [s]		0.62	0.62	0.62	0.61	0.62	0.63	0.62	0.65	0.65						
			ハードリングタイム [s]	0.56	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.53	0.55						
田上駿	日本選手権混成 2022/6/5	14.48 (-2.3)	タッチダウンタイム [s]	2.72	3.87	4.99	6.09	7.23	8.35	9.49	10.65	11.81	12.99	14.48	0.60 0.54	8.25	3-4	10.31	11.12 (+0.1)
			区間タイム [s]	2.72	1.15	1.12	1.11	1.13	1.13	1.14	1.16	1.16	1.18	1.49					
			インターバルランタイム [s]		0.60	0.59	0.58	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.62						
			ハードリングタイム [s]	0.53	0.55	0.53	0.53	0.55	0.54	0.54	0.55	0.54	0.56						
中村明彦	日本選手権混成 2022/6/5	14.65 (-2.3)	タッチダウンタイム [s]	2.76	3.92	5.06	6.21	7.35	8.49	9.64	10.81	11.98	13.15	14.65	0.61 0.54	8.01	4-5	10.44	10.93 (+0.1)
			区間タイム [s]	2.76	1.16	1.15	1.14	1.14	1.14	1.15	1.17	1.17	1.17	1.50					
			インターバルランタイム [s]		0.61	0.60	0.59	0.61	0.61	0.61	0.63	0.62	0.64						
			ハードリングタイム [s]	0.55	0.54	0.55	0.55	0.53	0.54	0.54	0.54	0.55	0.53						
右代啓祐	日本選手権混成 2022/6/5	15.67 (-2.3)	タッチダウンタイム [s]	2.79	3.98	5.19	6.41	7.62	8.86	10.12	11.41	12.67	13.95	15.67	0.71 0.52	7.65	1-2	9.97	11.45 (+0.1)
			区間タイム [s]	2.79	1.19	1.21	1.22	1.21	1.24	1.26	1.29	1.26	1.28	1.72					
			インターバルランタイム [s]		0.69	0.69	0.69	0.70	0.71	0.73	0.74	0.73	0.75						
			ハードリングタイム [s]	0.51	0.51	0.52	0.54	0.51	0.53	0.53	0.55	0.53	0.53						

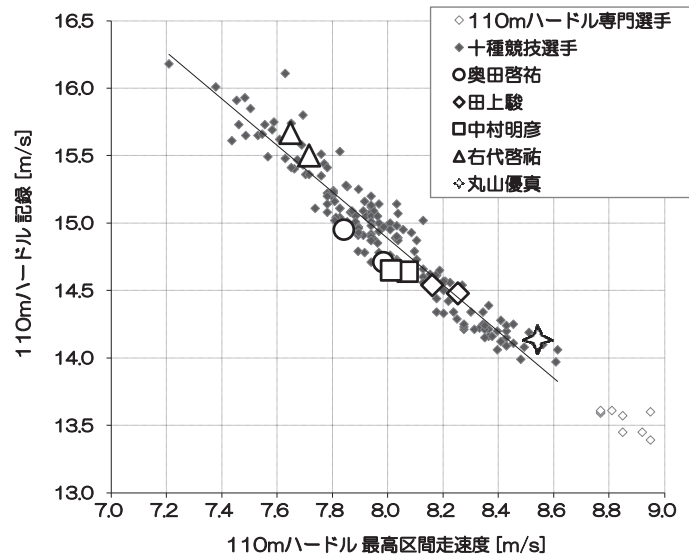


図7 110m ハードルにおける最高区間走速度と記録の関係

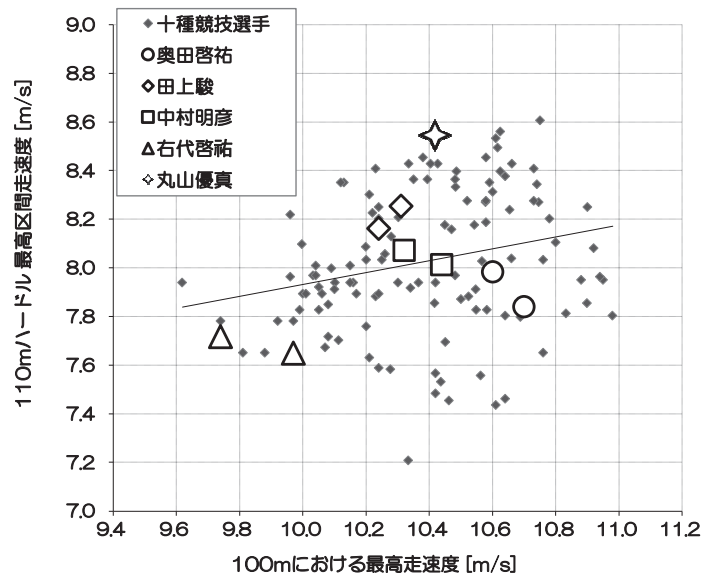


図 8 100m における最高走速度と 110m ハールドルにおける最高区間走速度の関係

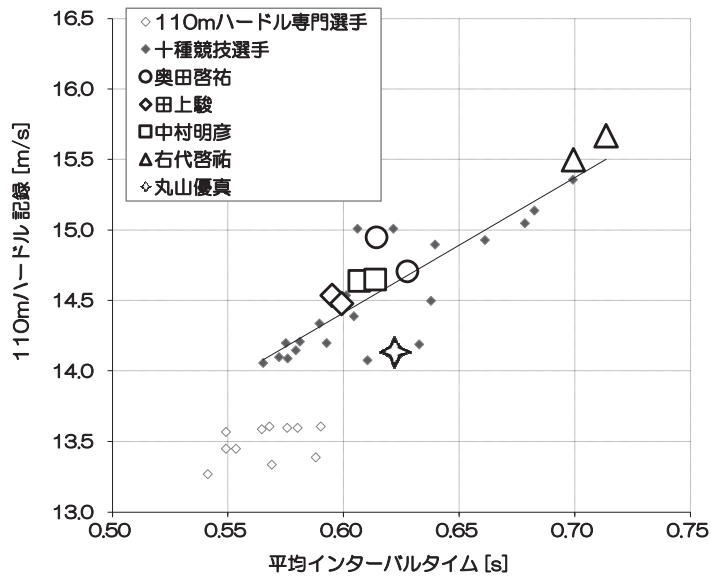


図 9 110m ハールドルにおけるインターバルタイムと記録の関係

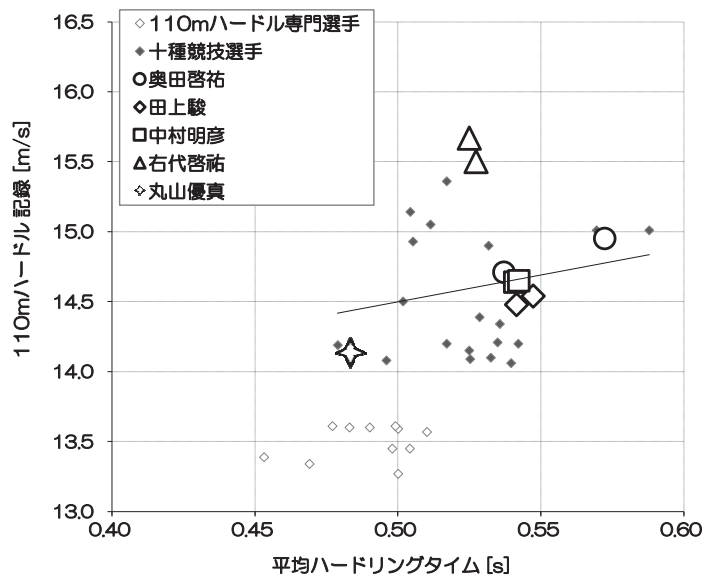


図 10 110m ハールドルにおけるハードリングタイムと記録の関係