

男子走幅跳選手の助走における踏切4歩前からの接地位置および助走スピードの分析 - 日本ランキング上位選手の事例 -

柴田篤志¹⁾ 小山宏之²⁾
1) 筑波大学大学院 2) 京都教育大学

1. はじめに

水平方向の跳躍種目である走幅跳（三段跳も含）では、助走において2個のマーカーの使用がルール上許可されている。その2個のマーカーの使用方法は選手およびコーチの戦略によって異なるが、第1マークを助走のスタート位置に、踏切4（5）歩前の位置に第2マークを設置し、助走の確認を行う選手やコーチは多い。2017年度、日本陸上競技連盟科学委員会の跳躍担当は、男子走幅跳の強化スタッフより踏切4歩前からの接地位置の評価の依頼を受け、国内の主要競技会において従来の助走スピードの測定に加えて、固定カメラを用いた踏切4歩前からの接地位置のデータの収集を行い、助走スピードデータとともにコーチおよび選手へのフィードバックを行った。そこで本稿では、2017年日本ランキング上位男子走幅跳競技者を対象として、助走スピードデータおよび踏切4歩前からの接地位置およびストライドのデータから、本年度の競技会における助走スピードおよび踏切前の接地位置に関する特徴について報告することを目的とした。

2. 方法

2.1. 対象者

対象者は強化対象選手を中心とした日本ランキング上位選手6名（自己記録:8.04±0.05m）であり、分析試技は第51回織田幹雄記念国際陸上競技大会、セイコーゴールデングラプリ陸上2017川崎、第101回日本陸上競技選手権大会、第30回南部忠平記念陸上競技大会および第72回国民体育大会における各対象者の成功試技の内、シーズン最高記録に対する達成率が90%以上の試技（追い風参考記録を含む）とした。なお、表1に各対象者の情報を示した。

2.2. データ収集

各競技会における対象者の全ての試技をスタンドに設置した1台のハイスピードカメラ（Panasonic社製、LUMIX FZ-300）を用いて踏切板先端から助走路側11.0m地点（三段跳の13m踏切板先端）までを撮影範囲とし（図1）、毎秒120コマで固定撮影した。また、全ての試技で助走路前方のスタンドに設置したレーザー式速度測定装置（JENOPTIK製、LDM301C）を用いて対象者の助走中の1/100秒毎の位置情報を得た。

表1 分析対象者

選手	分析試技数	PB (m)	SB (m)	分析記録 (m)	SBに対する達成率 (%)
下野 伸一郎	13	8.11	8.00	7.72±0.23 (8.05w-7.26)	96.5±2.9
山川 夏輝	19	8.06	8.06	7.58±0.16 (7.82-7.28)	94.1±2.0
橋岡 優輝	21	8.05	8.05	7.77±0.17 (8.07w-7.46)	96.6±2.2
小田 大樹	16	8.04	8.04	7.58±0.15 (7.83-7.33)	94.3±1.8
城山 正太郎	10	8.01	7.97	7.63±0.20 (7.91-7.32)	95.8±2.6
嶺村 鴻汰	15	7.95	7.74	7.53±0.10 (7.67-7.29)	97.3±1.3

2.3. データ処理

対象者の全ての分析試技について、踏切4歩前から踏切にかけての各歩の接地時の支持脚つま先をビデオ動作分析システム（DKH社製，Frame-DIAS V）によりデジタル化し、競技会前に撮影した4点のコントロールポイント（踏切板の両端2点および助走路側11.0m地点2点）を用いて各歩のつま先の座標値を得た。この際、踏切板の左先端を原点とし、助走路方向をy方向、進行方向に対して右方向をx方向とした。また、レーザー式速度測定装置によって得た対象者の位置情報はButterworth low-pass digital filterを用いて平滑化し、平滑化後の位置情報を時間微分することで助走速度を算出した。

2.4. 算出項目

- (1) 各歩の接地位置：各歩の支持脚つま先のy座標
- (2) 各歩のストライド：各歩の支持脚つま先のy座標の差
- (3) 助走最高速度：助走開始から踏切までの間における助走速度の最大値
- (4) 助走最高速度出現地点：助走最高速度の出現地点
- (5) 踏切地点速度：踏切地点（ファールライン）での助走速度
- (6) 助走速度変化率：（踏切線地点速度 -

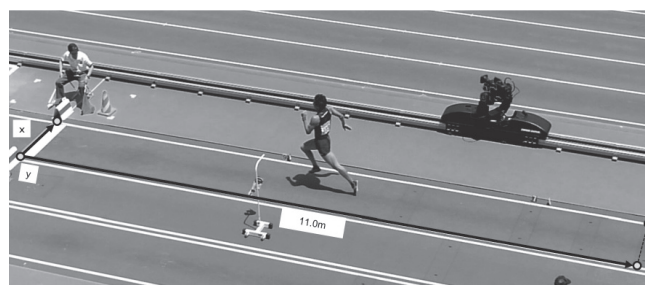


図 1 撮影設定

助走最高速度) / 助走最高速度 × 100

3. 結果および考察

表2は対象選手の助走速度に関するパラメータの平均値と標準偏差、各パラメータと跳躍距離の相関係数を示している。

助走最高速度は小田選手を除く5選手に跳躍距離と有意な正の相関がみられ、踏切地点速度にも3選手で跳躍距離と正の相関がみられた。これまでの先行研究においても、助走における最高速度と跳躍距離の間に正の相関関係があることが報告されているが（小山ほか，2011），選手個人の1年間のパフォーマンスをみても、助走における最高速度は跳躍距離に影響を与えていたと考えられる。一方、その中でも、下野選手や橋岡選手のように非常に相関が強い選手や、山川選手や嶺村選手

表2 助走速度に関する項目

	助走最高速度 (m/s)	助走最高速度 出現地点 (m)	踏切地点速度 (m/s)	助走速度 変化率 (%)
下野 伸一郎	10.34±0.23 r=0.93**	5.95±0.30 r=0.11	9.68±0.26 r=0.95**	-6.4±0.9 r=0.54
山川 夏輝	10.23±0.17 r=0.50*	6.46±0.66 r=0.28	9.61±0.21 r=0.34	-6.1±1.2 r=-0.06
橋岡 優輝	10.15±0.14 r=0.90**	5.73±0.60 r=0.31	9.50±0.17 r=0.86**	-6.3±0.89 r=0.33
小田 大樹	10.40±0.11 r=0.26	6.42±0.68 r=0.15	9.65±0.18 r=-0.02	-7.2±1.4 r=-0.21
城山 正太郎	10.49±0.13 r=0.76**	7.19±0.74 r=-0.14	9.62±0.13 r=0.67*	-8.3±0.9 r=0.02
嶺村 鴻汰	10.41±0.12 r=0.62*	6.55±0.41 r=0.22	9.73±0.15 r=0.42	-6.5±0.8 r=-0.05
全選手の平均	10.31±0.19 r=0.32**	6.31±0.73 r=-0.09	9.62±0.21 r=0.35**	-6.7±1.2 r=0.12

* p<0.05,**p<0.01

のように相関が比較的弱い選手、相関がない選手もいたことから、日本ランキング上位に相当する競技レベルにおいては跳躍距離の獲得には技術的な要素も大きく影響していたことが推察され、踏切準備から踏切にかけての技術について考えていくことも重要となる。なお、後述する図6で対象とした過去の世界大会入賞選手(8.25 ± 0.16m)の踏切3歩前の助走スピードは10.50 ± 0.29m/sと報告されており、本報告で対象とした選手より大きい最高スピードで助走をしていた。

表3は各選手および対象とした全選手の踏切4歩前から踏切接地までの接地位置と各歩のストライドの平均値と標準偏差を示している。4歩前から踏切までの接地位置をみると、全選手のデータからは踏切接地位置と跳躍距離に有意な負の相関がみられたが、その他の項目では跳躍距離と有意な関係性はみられなかった。特に、今回の対象選手が第2マークを設置していた踏切4歩前の位置と記録との間に関係はなく、試技全体をみた場合には、記録が良かった試技において踏切4歩前を全体的に狭いストライドまたは広いストライドで助走していることはなかった。さらに、各選手個人でみた場合の4歩前の位置(平均)は、下野選手9.00m、山川選手8.82m、橋岡選手9.18m、小田選手9.70m、城山選手9.23m、嶺村選手8.99mであり、小田選手は特に踏切板から遠い位置であったものの、その他の選手は9.00m前後の位置であった。

図2および図3は各選手の踏切4歩前および踏切1歩前における接地位置と跳躍距離の関係を示している。6選手の中で接地位置と記録の間に関係性がみられたのは橋岡選手のみであり、4歩前、1歩前のどちらにおいても、跳躍距離との間に有意な負の相関がみられた。ただし、踏切4歩前の位置については、記録が低かった3試技の影響が強く(下位3試技の接地位置が他の試技より極めて踏切板から遠

いため)、その試技を除くと相関関係は認められなかった($r=-0.07, N.S.$)。すなわち、橋岡選手は記録の良し悪しに関わらず、踏切4歩前では同程度の位置に接地し、1歩前の位置が踏切板により近かった跳躍で跳躍記録が良い傾向があったといえる。なお、踏切1歩前の位置は近い試技において記録が良かったが、その距離は踏切板から2.0m以上の距離であった。

その他の5選手では接地位置と跳躍距離に有意な相関はみられなかった。つまり、踏切板からより遠くに接地した試技(踏切前のストライドが広い試技)で記録が出ない、または踏切板により近い試技(踏切前のストライドが狭い試技)で記録が出やすいなどといった特徴はみられなかった。なお、6選手のうち、下野選手、橋岡選手、小田選手、城山選手は(全ての試技ではないが)ある一定の範囲で踏切4歩前の位置が収まる傾向にあり、その幅は約40cmであった。また、下野選手および城山選手の1歩前では有意な相関はないが、記録が良い試技において1歩前の接地位置が踏切板から遠い傾向もみられた。

表2で確認したように、記録と助走スピードの相関の強さは選手によって大小はあるものの、大部分の選手は助走スピードの高い試技で良い記録が出る傾向にあった。この助走スピードは踏切前4歩前および1歩前の距離に影響を与えると考えられることから、図4および図5には各選手の助走スピードと踏切4歩前および1歩前の接地位置の関係を示した。踏切4歩前では、有意な相関がみられたのは山川選手だけであり、山川選手は助走スピードが高い試技では踏切4歩前の位置が踏切板から遠かった。助走最高スピードは踏切4歩前以降に出ていることから(表2)、山川選手は踏切4歩前の時点でより踏切板から遠い地点を大きなストライドで走りこみながら、助走スピードも高い試技において記録が出ていたことが推察される。また、その他の選手で相関が

表3 踏切4歩前からの接地位置およびストライド

	接地位置 (m)					ストライド (m)			
	4歩前	3歩前	2歩前	1歩前	踏切	4-3歩前	3-2歩前	2-1歩前	1歩前 - 踏切
下野 伸一郎	9.00±0.24	6.56±0.19	4.40±0.16	2.09±0.09	0.05±0.02	2.45±0.10	2.15±0.07	2.31±0.08	2.04±0.09
山川 夏輝	8.82±0.33	6.52±0.27	4.47±0.19	2.13±0.12	0.10±0.06	2.31±0.10	2.04±0.11	2.34±0.12	2.03±0.09
橋岡 優輝	9.18±0.19	6.73±0.20	4.52±0.17	2.16±0.10	0.07±0.04	2.45±0.07	2.21±0.07	2.36±0.09	2.09±0.08
小田 大樹	9.70±0.18	7.20±0.16	4.84±0.14	2.43±0.11	0.12±0.05	2.50±0.06	2.36±0.04	2.40±0.09	2.32±0.13
城山 正太郎	9.23±0.15	6.86±0.17	4.65±0.15	2.20±0.13	0.09±0.07	2.37±0.07	2.22±0.05	2.44±0.07	2.11±0.11
嶺村 鴻汰	8.99±0.30	6.67±0.25	4.47±0.21	2.20±0.15	0.12±0.06	2.32±0.11	2.21±0.07	2.27±0.09	2.08±0.11
全選手の平均	9.15±0.37	6.75±0.31	4.55±0.22	2.20±0.16	0.09±0.06	2.40±0.12	2.19±0.12	2.35±0.11	2.11±0.14
跳躍距離との相関	$r=-0.06$	$r=-0.09$	$r=-0.13$	$r=-0.16$	$r=-0.49^{**}$	$r=0.05$	$r=0.01$	$r=-0.02$	$r=0.01$

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

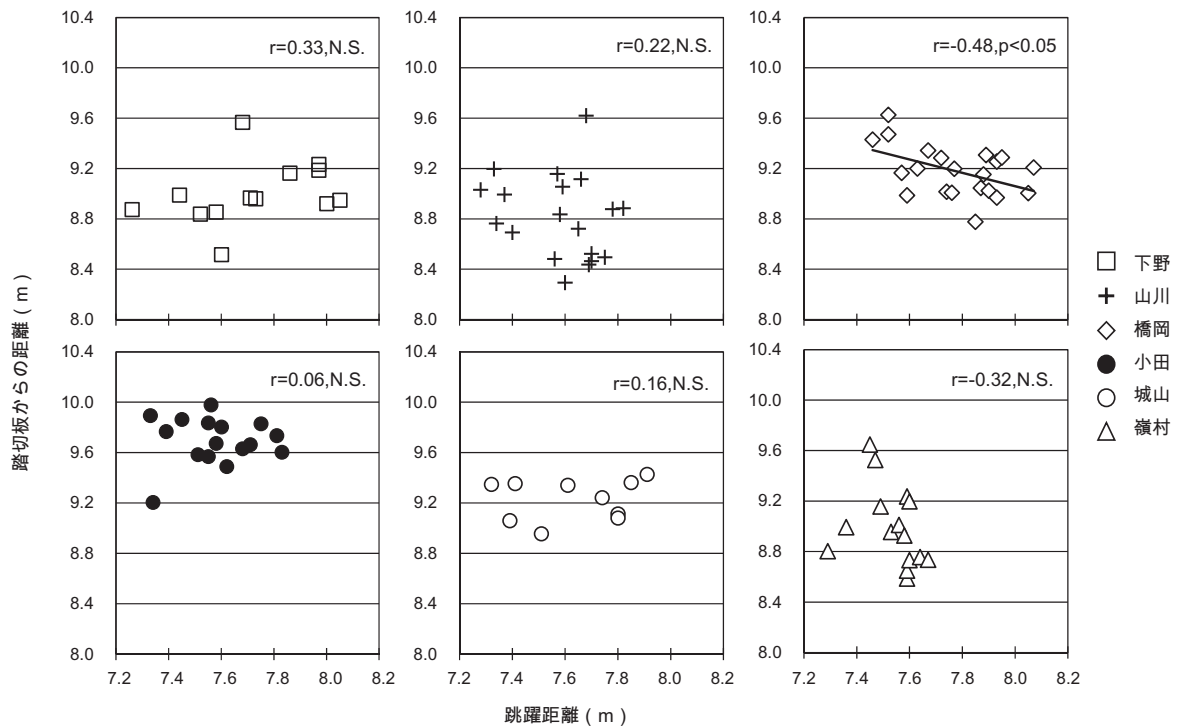


図 2 踏切 4 歩前の接地位置と記録の関係

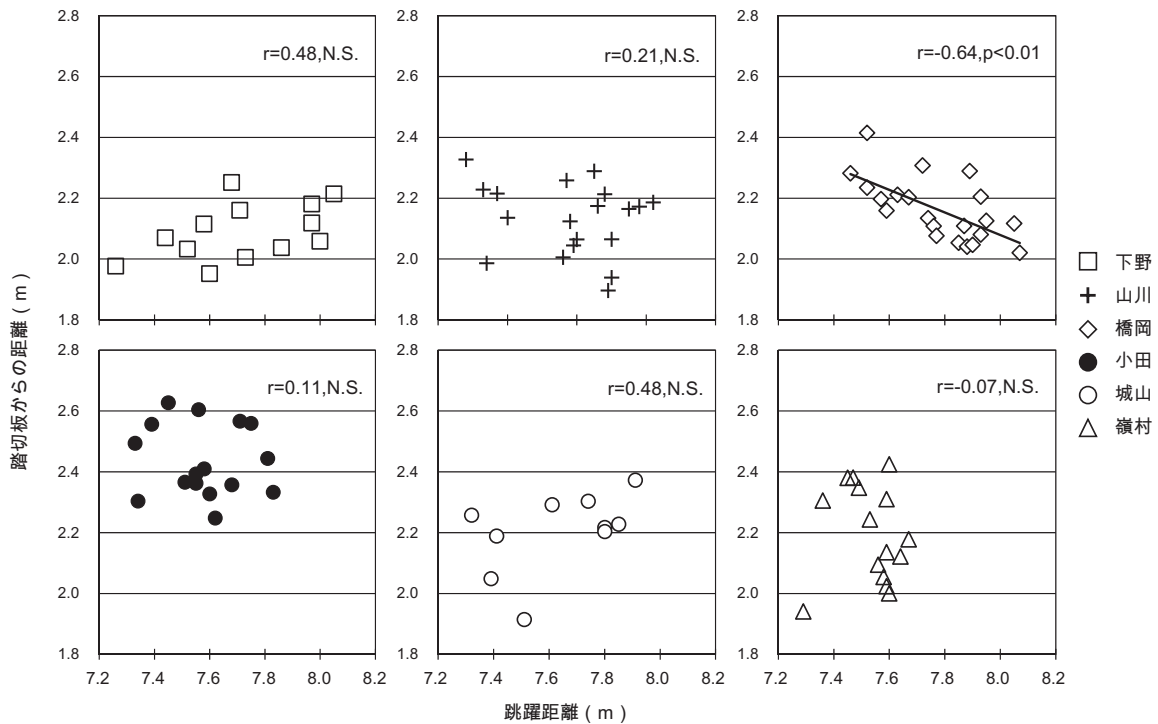


図 3 踏切 1 歩前の接地位置と記録の関係

なかったことから、助走スピードの大小に関わらず、4 歩前の接地位置は前述したようにおおよそ安定しており、4 歩前までにある程度のストライド調整が行われており、その中で大きな助走スピードで踏切に向かっていく試技で記録が良かったことが示唆される。なお、踏切 1 歩前の位置と助走スピードの関係では下野選手は正の相関、橋岡選手は負の相関が

みられた。両選手ともに助走スピードと記録の間に非常に強い相関がみられた選手であり、下野選手は 2.10 ~ 2.20m 程度の踏切 1 歩前の位置から高いスピードで踏み切りに入った時、橋岡選手は 2.10m 程度の踏切 1 歩前の位置から高いスピードで踏み切りに入った時に記録が出ていたと言える。

ここまで踏切 4 歩前および 1 歩前の接地位置に着

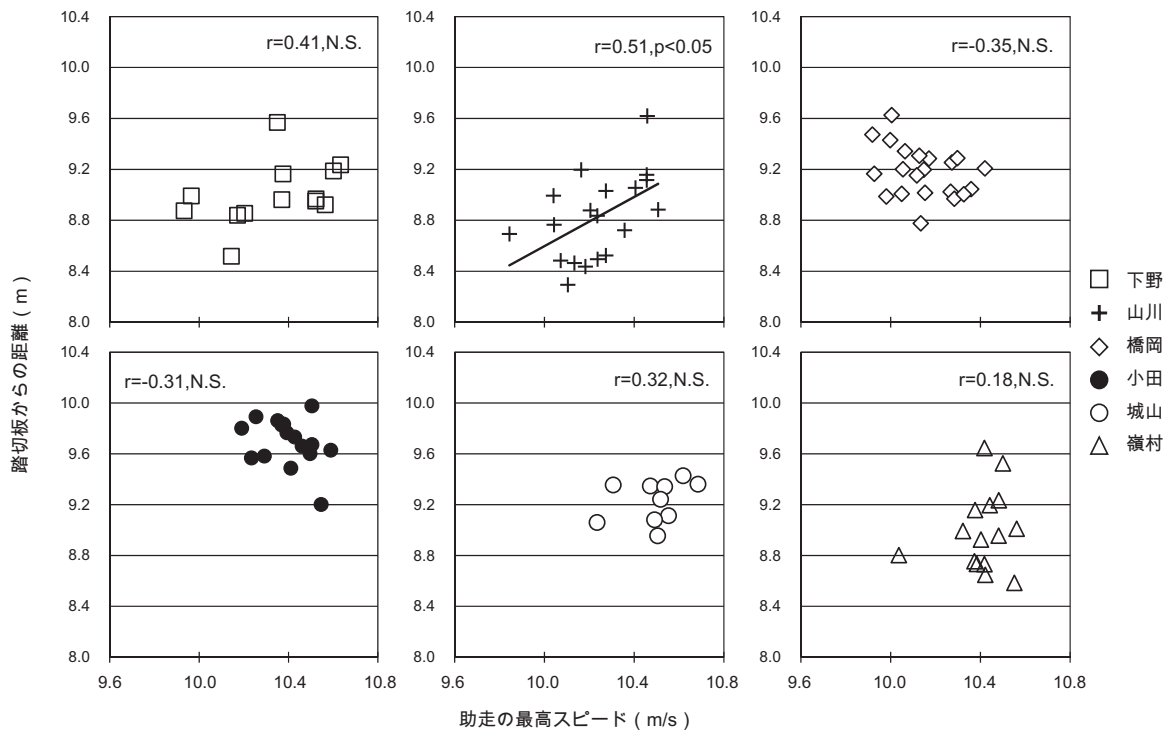


図 4 踏切 4 歩前の接地位置と助走スピードの関係

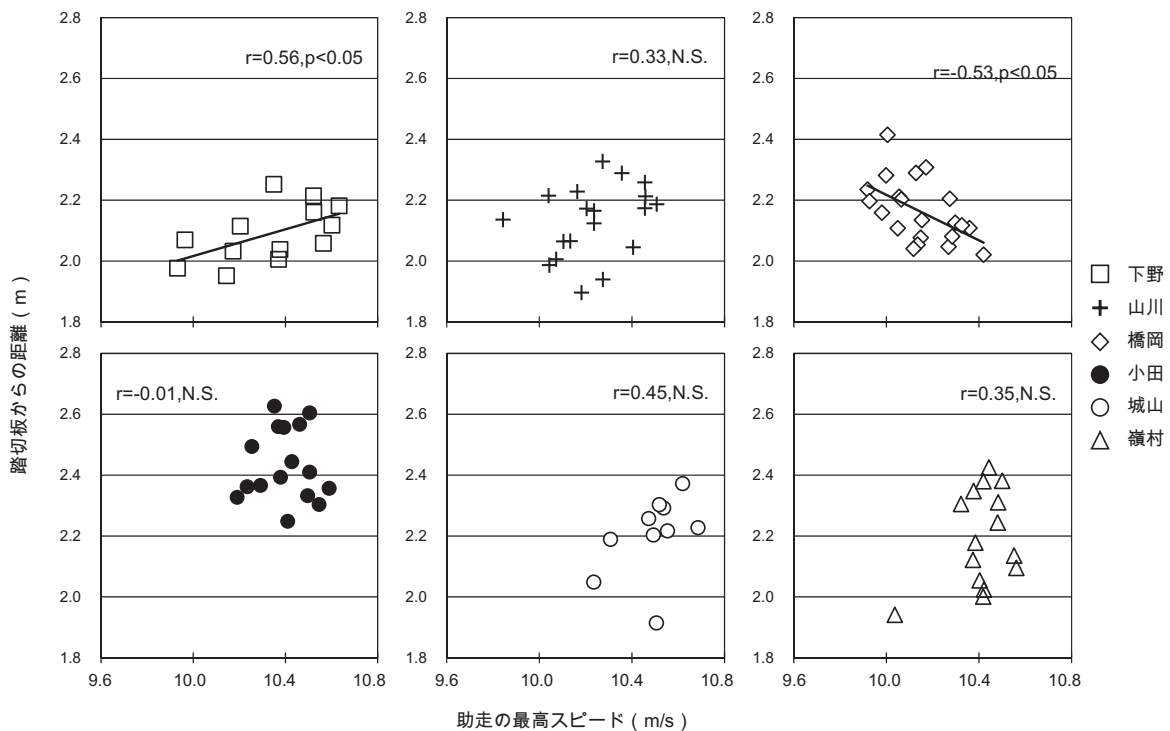


図 5 踏切 1 歩前の接地位置と助走スピードの関係

目したが、全試技の平均から各選手の踏切前の局面におけるストライドに着目してみると (表 3), すべての選手で踏切 2 歩前から 1 歩前, さらに 1 歩前から踏切にかけて「長-短」のストライドパターンがみられ, 世界一流選手 (Hay and Nohara, 1990: 小山ほか, 2010) や, 日本一流選手 (伊藤ほか, 2009) を対象とした研究の結果と共通した特徴がみ

られた。なお、各歩のストライドと跳躍距離の関係については、全選手のデータからは接地位置と同様に跳躍距離との有意な関係はみられなかった。

図 6 には各選手の踏切 3 歩前からのストライドの平均値と参考データとして、過去に開催された 2007 年世界選手権大阪大会 (小山ほか, 2010), 2009 年世界選手権ベルリン大会 (Mendoza et

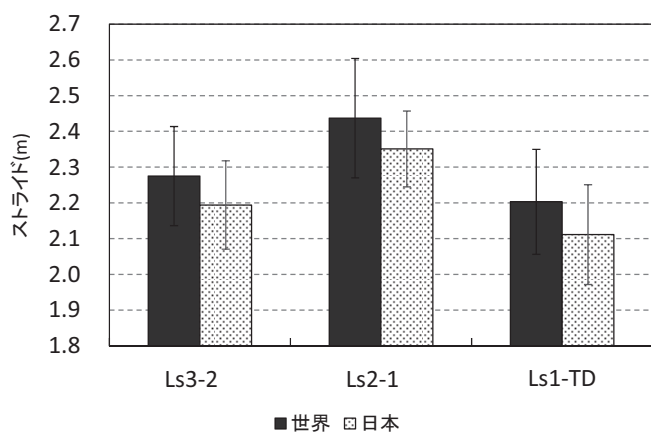


図 6 世界大会入賞選手および 2017 年日本ランキング上位選手の踏切 3 歩前からのストライド

al, 2009), 2011 年世界選手権テグ大会 (Woo et al., 2012) において入賞した選手 (8.25 ± 0.16m) の踏切 3 歩前からのストライドの平均値を示している。今回対象とした日本ランキング上位選手と世界大会入賞選手を比較すると、ストライドの変化パターンは類似していたものの、各ストライドともに世界大会入賞選手よりも小さな値であった。踏切前の局面におけるストライドには助走スピードなどの要因も大きく影響すると考えられるが、世界大会入賞選手の分析試技の平均記録が 8.25m であることから、今回の対象選手が世界大会で確実に入賞できる 8.20m 以上を記録するためには、すでに述べたように高いスピードでの助走に加えて、踏切準備においてはピッチアップを強調してスピードを高めるよりも、スピードに応じたストライドを確保する中での、ピッチの向上を意識していく必要があると考えられる。

4. まとめ

本稿は日本ランキング上位男子走幅跳選手を対象に、踏切 4 歩前から踏切にかけての接地位置、ストライドおよび助走スピードの特徴について報告することが目的であった。

科学委員会では、2017 年度から踏切 4 歩前からの接地位置の情報を初めて収集した。対象とした選手全体での共通した特徴を見出すには至らなかったものの、ランキング上位選手の現状を示す情報を提示することができた。これらの情報は、対象選手が縦断的にパフォーマンスの変化を評価していくこと、また他の選手においても踏切 4 歩前の位置を基準にした踏切前のストライドの評価に利用できると考えられる。次年度以降も継続的に情報を収集する

とともに、対象選手の競技レベルの幅を広げ、よりコーチングにも利用できる情報を提示していきたい。

参考文献

- 1) Hay, J. G. and Nohara, H. (1990) Techniques used by elite long jumpers in preparation for takeoff. *Journal of Biomechanics*, 23 (3), 229-239.
- 2) 伊藤信之, 阿江通良, 小山宏之, 村木有也, 関子浩二, 松尾彰文, 山田真由美, 平野裕一 (2009) 日本一流走幅跳選手における踏切準備動作. *陸上競技学会誌*, 7, 8-17.
- 3) 小山宏之, 村木有也, 吉原 礼, 永原 隆, 柴山一仁, 大島雄治, 高本恵美, 阿江通良 (2010) 走幅跳のバイオメカニクスの分析, 世界一流陸上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, 154-164.
- 4) Mendoza, L., Nixdorf, E., Isele, R., Günther, C. (2009) Biomechanical Analysis of the Long Jump Men and Women Final. *Scientific Research Project Biomechanical Analyses at 12 IAAF World Championship, Berlin, 2009 Final Report Long Jump*.
- 5) Woo, S. Y., Kim, Y. W., Nam, K. J., I, Sar. (2011) Biomechanical Analysis of the Long Jump Men and Women Final. *Scientific Research Project Biomechanical Analyses at the 13 IAAF World Championship, Daegu, 2011 Final Report Long Jump*.