

走幅跳選手個人内における跳躍距離と踏切地点速度の関係

熊野 陽人^a 大沼 勇人^b

^a 湘北短期大学 ^b 国立スポーツ科学センター

【抄録】

本研究の目的は、選手個人内における跳躍距離と助走速度の関係について検討し、コーチングやトレーニングに資する知見を得ることであった。被験者は男子学生走幅跳選手 11 名であった。検討の結果、助走速度が高くなればなるほど跳躍距離を向上させることができるタイプと、必ずしも跳躍距離が向上するわけではないタイプの選手が存在することが明らかとなり、日常のトレーニングではタイプの違いを考慮する必要があることが示唆された。

【キーワード】

走幅跳 跳躍距離 踏切地点速度 個人内

I. 緒言

陸上競技の走幅跳は、助走、踏切準備、踏切、空中動作、着地の5つの運動局面から構成されており（森長ほか，2003；清水ほか，2011），助走で水平方向の速度を得た後に、踏切によって跳躍した距離を競う種目である。したがって、走幅跳のパフォーマンスは「跳躍距離＝助走速度×技術」と表すことができ（深代，1990），特に技術に該当する踏切準備動作や踏切動作の良否に関する研究（青山ほか，2001；青山ほか，2005；Coe et al., 1997；Hay et al., 1986；Hay et al., 1985；伊藤ほか，2009；Lees et al., 1994；Panoutsakopoulos et al., 2010）が近年では数多く行われている。一方、走幅跳の跳躍距離には技術的要因だけではなく、

助走速度が大きく関係しているという大前提を踏まえた上で（熊野・植田，2014），記録向上を目指した実践に資する研究を進めていく必要があると言えるだろう。

走幅跳において優れた記録を達成するためには、助走において高い助走速度を獲得することが重要である（荻山・小山，2011）とされ、跳躍距離と助走速度の間には有意な正の相関関係があることが報告されている（浅見，1988；Hay et al., 1986；Hay et al., 1985；太田ほか，2010）。また、日本陸上競技連盟科学委員会によって、国内トップ選手の助走最高速度やその出現地点、特に跳躍距離に直接的に影響を与える踏切地点速度等に関する分析データが報告されている（小山ほか，2011a；小山ほか，2012a；小山ほか，2012b；小山ほか，2011b；松林ほか，2012；松林ほか，2010）。様々な競技レベルの選手を対象にしたこれらの研究によると、助走速度が高くなるほど跳躍距離が

<連絡先>

熊野 陽人 kumano@shohoku.ac.jp

大きくなるため、跳躍距離を伸ばすためには助走速度を高める必要があることが示唆されている。一方、先行研究では、複数選手の試技データを一括りにして跳躍距離と助走速度の相関分析を行っているため、結果にはそれぞれの選手の競技レベルの差が反映されていると考えられ、選手個人内における跳躍距離と助走速度の相関関係については明確になっていない。また、走幅跳で大きな跳躍距離を獲得できない場合、助走速度が十分に高まっていないことが原因である可能性があるにも関わらず、踏切などの技術的な要因に問題があると考えてしまうことが非常に多く、適切な修正方法やトレーニング課題の設定がなされていないと考えられるケースが多々見受けられる。そのため、選手個人内における跳躍距離と助走速度の関係について検討することは、競技会でのパフォーマンス修正やトレーニング課題の設定に有用な知見が得られ、コーチング・トレーニング現場にとって意義のあることだと考えられる。

そこで本研究は、選手個人内における跳躍距離と助走速度の関係について検討し、コーチングやトレーニングに資する知見を得ることを目的とした。

Ⅱ. 方法

1. 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属する男子走幅跳選手11名(年齢: 20.3 ± 1.1 歳, 身長: 1.75 ± 0.05 m, 体重: 68.1 ± 5.6 kg, 測定時のシーズン最高記録: 7.02 ± 0.23 m)とした。なお、被験者には事前に本研究の目的、内容、安全性について説明し、研究協力の同意を得た。

2. 実験試技

実験は、風力の影響を排除するため、屋内陸上

競技実験場に設置されている全天候舗装された助走路と砂場を用いて行った。被験者には、それぞれ任意の十分なウォームアップを行わせた後、実際の競技会を想定して、競技会で用いている選手固有の助走距離からの跳躍(全助走跳躍)を6試技行わせた。疲労の影響を排除するため、試技間に被験者の任意で十分な休息時間を取った。全助走跳躍に際して、「実際の競技会を想定して、全力且つ可能な限りファウルをしないように跳躍する」との指示を被験者に口頭で与えた。なお、6試技のうち、踏切板に踏切脚が接地していて且つ着地動作までを完了した試技を分析対象とした。

3. データ測定・処理

助走路後方にレーザー式速度測定装置(Laveg LDM300C, JENOPTIK社製, 100Hz)を設置し、不可視レーザービームを被験者の腰背部に照射し、助走開始から踏切までの時間-位置情報を得た。得た位置情報をButterworth low-pass digital filter (Winter, 1990)を用いて遮断周波数1 Hzで平滑化し、処理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。なお、遮断周波数については、疾走の計測の場合は欠損データが無い限り1Hzが最適であるという報告(金高, 1999)や、50m走を分析した伊藤ほか(2012)の報告を参考に、1Hzが適当であると判断した。また、被験者の踏切脚つま先の接地地点から着地痕までの最短距離を、公認競技会で用いられる鋼製巻尺を用いて計測した。

4. 分析項目

先行研究(小山ほか, 2011a; 太田ほか, 2010)を参考に、以下の項目を分析項目とした。

- (1) 跳躍距離：踏切脚つま先の接地地点から着地痕までの最短水平距離とした。
- (2) 踏切地点速度：踏切脚つま先の接地地点での

水平速度とした。

- (3) 助走最高速度：助走開始から踏切までの間における水平速度の最高値とした。
- (4) 助走最高速度出現地点：助走最高速度が、踏切線の手前何 m 地点で出現したのかを算出した。
- (5) 助走速度変化率：(踏切地点速度－助走最高速度)／最高助走速度×100 で算出した。

5. 統計処理

全ての分析項目は平均値±標準偏差で表した。選手個人内の最も跳躍距離の大きい試技（以下、ベスト試技）と最も跳躍距離の小さい試技（以下、ワースト試技）における分析項目を比較するために、対応のあるt検定を用いた。検定の効果量を検討するために、Cohen's d（水本・竹内，2008）を用いた。dが0.20-0.49の範囲を小さな効果量，dが0.50-0.79の範囲を中程度の効果量，dが0.80以上を大きな効果量とした（Cohen, 1988）。また，選手個人内における跳躍距離と助走速度の関係を検討するために，Pearsonの積率相関係数を用いた。全ての統計処理において有意水準を危険率5%とし，危険率10%未満を有意傾向ありとして扱った。

Ⅲ. 結果

Fig. 1に，被験者全員の選手個人内における跳躍距離と踏切地点速度の関係を示した。跳躍距離と踏切地点速度の間において，1名に有意な正の相関傾向が（被験者B： $r=0.854$ ， $p<0.10$ ），2名に有意な正の相関関係が認められた（被験者D： $r=0.894$ ， $p<0.05$ ；被験者J： $r=0.884$ ， $p<0.05$ ）。

Table 1に，選手個人内でのベスト試技とワースト試技における跳躍距離，踏切地点速度，助走最高速度，助走最高速度出現地点，助走速度変化

率の平均値と検定結果を示した。跳躍距離において，ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に大きく（ $p<0.01$ ），大きな効果量が認められた（ $d=1.11$ ）。踏切地点速度において，ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に高く（ $p<0.05$ ），中程度の効果量が認められた（ $d=0.51$ ）。助走最高速度において，ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に高い傾向を示し（ $p=0.077$ ），小さな効果量が認められた（ $d=0.34$ ）。助走最高速度出現地点は，ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に踏切線に近く（ $p<0.01$ ），大きな効果量が認められた（ $d=1.13$ ）。助走速度変化率においては，ベスト試技とワースト試技の間に有意な差は認められず，効果量もほとんど認められなかった。

Ⅳ. 考察

1. 選手個人内における跳躍距離と踏切地点速度の関係

選手間のデータを分析した先行研究（浅見，1988；Hay et al., 1986；Hay et al., 1985；太田ほか，2010）から，跳躍距離と助走速度には有意な正の相関関係が認められることが明らかとなっており，特に踏切時の速度が跳躍距離に大きな影響を与えることは明白である。しかし，被験者11名それぞれの個人内における跳躍距離と踏切地点速度の相関分析を行ったところ，1名に有意な正の相関傾向が，2名に有意な正の相関関係が認められたが，残りの8名には有意な相関関係は認められなかった。つまり，選手個人内において，助走速度が高くなればなるほど跳躍距離を向上させることができるタイプと，必ずしも跳躍距離を向上させることができるわけではないタイプの選手が存在することが分かった。木野村ほか（2012）は，助走速度が高くなればなるほど踏切時間を短縮し，短縮した踏切時間に対応しながら地面に大きな力

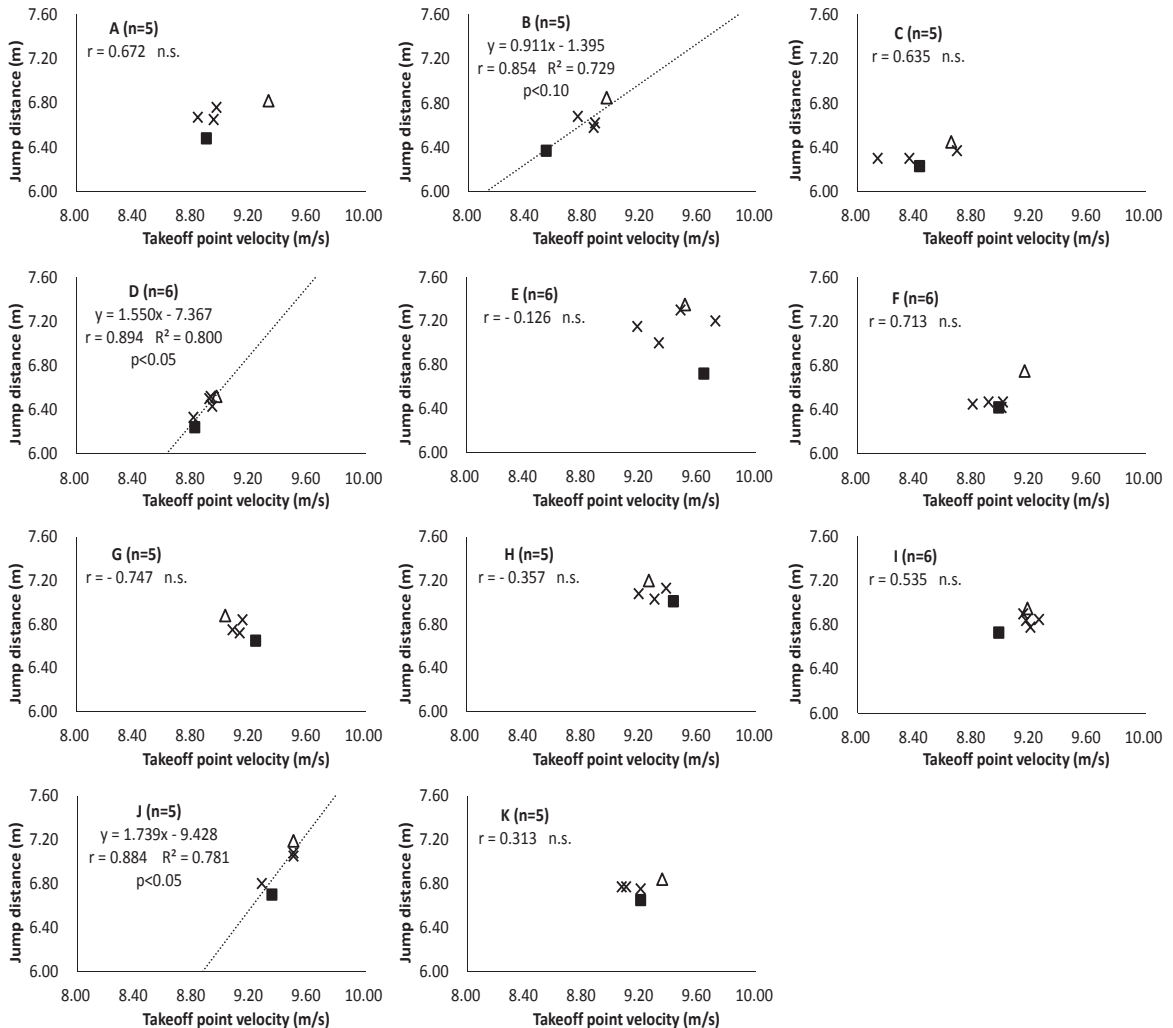


Fig. 1 Relationship between jump distance and takeoff point velocity in individuals (\triangle : best trial, \blacksquare : worst trial)

を伝えることのできるような踏切動作を遂行しているかどうか、大きな跳躍距離を獲得できるかどうかに影響を与えると報告している。Bridget and Linthorne (2006) は、助走速度が高くなるにつれて大きな跳躍距離を獲得している選手について、助走速度の増大に伴って踏切接地時の膝関節角度を徐々に大きくしている（徐々に伸展させている）と報告している。つまり、助走速度が高くなるにつれて、大きな跳躍距離を獲得するために

は高まった速度に応じて踏切動作を変化させる必要があると考えられる。これらのことを踏まえると、跳躍距離と踏切地点速度の間に有意な相関傾向および有意な相関関係が認められた3名においては、助走速度の増大に応じて踏切動作を変化させていたと考えられるが、有意な相関関係が認められなかった他の8名においては、助走速度の増大に応じた踏切動作を行えていなかった可能性が推察される。中でも、統計学的に有意ではないが

Table 1 Comparison of variables in best and worst trials

Variables	Best	Worst	p	n = 11
				d
Jump distance (m)	6.89±0.28	6.59±0.27	0.000	1.11
Takeoff point velocity (m/s)	9.17±0.26	9.02±0.33	0.029	0.51
Maximal run-up velocity (m/s)	9.62±0.32	9.50±0.40	0.077	0.34
Appearance point of maximal run-up velocity (m)	-6.35±3.20	-10.03±3.30	0.006	1.13
Changing rate of run-up velocity (%)	-4.43±1.88	-4.48±1.90	0.864	0.03

(Mean±SD)

相関係数が負の値を示している被験者3名（被験者E, G, H）は、全試技中で踏切地点速度が比較的小さな試技で最大の跳躍距離を獲得しており、3名ともワースト試技よりもベスト試技の方が踏切地点速度は小さかった。これらの選手は助走速度の増大に応じた踏切動作を全く行えておらず、最大の跳躍距離を獲得できる至適な速度が、自身の発揮しうる最高速度からとても低い値となっている可能性が考えられる。

続いて、ベスト試技とワースト試技の踏切地点速度を比較したところ、ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に高い値を示しており、選手個人内において、最も踏切線地点速度が高い時に最も大きい跳躍距離を獲得できる選手とできない選手が存在することは前述したが、ベスト試技とワースト試技を比較するとベスト試技の方が踏切線地点速度は有意に大きいことがわかった。このことから、必ずしも助走速度が高くなればなるほど跳躍距離が向上するわけではないタイプの選手においても、大きな跳躍距離を獲得するためにはその選手個人内で比較的高い踏切線地点速度を獲得する必要があると言えるだろう。次に、踏切線地点速度に影響を与えると考えられる助走最高速

度を比較したところ、ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に高い傾向を示しており、助走最高速度出現地点は、ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に踏切線に近くなっていた。つまり、ワースト試技と比較して、ベスト試技は助走速度の最高速度が高い傾向にあり、尚且つ踏切準備及び踏切局面の直前まで助走速度を高めることができていたと考えられる。ワースト試技のように、助走速度を十分に高めきれず踏切から遠い地点で最高速度が出現する理由としては、助走前半の加速局面における加速不足や助走リズムの乱れ、踏切準備および踏切動作への意識過剰等に原因がある（村木, 1995）のではないかと推察される。また、助走速度変化率においては試技間で有意な差は認められなかった。森長ほか（2003）によると、成功試技（6回の試技中で記録の最も良かった試技）と失敗試技（6回の試技中で記録の最も悪かった試技）ともに踏切準備動作によって減速しながら踏切に向かうとされている。また、小山ほか（2011a）によると、助走速度の減少率と跳躍距離の間には明確な関係はなく、競技レベルに関わらずほぼ一定の範囲におさまるとされている。本研究の結果はこれらの報告と同様であり、ベスト試

技やワースト試技のように跳躍距離が異なったとしても、選手個人内における助走後半の速度減少率はほぼ一定であると考えられる。以上のことから、ベスト試技とワースト試技における踏切地点速度の差には、助走速度の減少の程度が影響しているのではなく、助走最高速度の大きさが影響しているのではないかと考えられる。

2. 実践現場へのフィードバック

本研究の結果から、助走速度が高くなればなるほど跳躍距離を向上させることができるタイプと、必ずしも跳躍距離が向上するわけではないタイプの選手が存在することが分かった。よって、日常のトレーニングではタイプの違いを考慮する必要がある。前者のタイプは助走速度を高めることを優先的にトレーニング課題とし、後者のタイプは高い助走速度に対応する踏切動作の改善を優先的にトレーニング課題とすることが、跳躍距離向上に有効である可能性が考えられる。

選手個人内での跳躍距離と踏切地点速度の関係をみると、ワースト試技よりもベスト試技の方が踏切地点速度は有意に高く、助走最高速度は有意に高い傾向にあった。よって、助走速度が高くなればなるほど跳躍距離を向上させることができるタイプ、必ずしも跳躍距離が向上するわけではないタイプどちらにおいても、大きな跳躍距離を獲得するためには個人内で相対的にある程度高い助走速度が必要であると言える。また、助走速度変化率には有意な差がみとめられず、助走後半の速度減少の割合は、どのような試技でも一定の範囲内に収まることが考えられる。つまり、踏切準備および踏切局面で水平速度の減少をいかに抑えるかということは当然重要であるが、それ以前に助走中の最高速度を高めることが大きな跳躍距離獲得には大変重要であると言えるだろう。よって、競技会等で選手が大きな跳躍距離を獲得できな

かった際に、踏切動作等の技術的な要因にのみ問題があるとするのではなく、助走中の最高速度を高めきれていない可能性にも留意し、コーチングを進めていく必要があるだろう。

V. 要約

本研究は、選手個人内における跳躍距離と助走速度の関係について検討し、コーチングやトレーニングに資する知見を得ることを目的とした。得られた主な結果は、以下の通りである。

1. 選手個人内における跳躍距離と踏切地点速度の間において、1名に有意な正の相関傾向が（被験者B: $r=0.854$, $p<0.10$ ）、2名に有意な正の相関関係が認められた（被験者D: $r=0.894$, $p<0.05$ ；被験者J: $r=0.884$, $p<0.05$ ）。
2. 選手個人内でのベスト試技とワースト試技における各分析項目を比較したところ、踏切地点速度において、ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に高く（ $p<0.05$ ）、中程度の効果量が認められた（ $d=0.51$ ）。助走最高速度において、ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に高い傾向を示し（ $p=0.077$ ）、小さな効果量が認められた（ $d=0.34$ ）。助走最高速度出現地点は、ワースト試技よりもベスト試技の方が有意に踏切線に近く（ $p<0.01$ ）、大きな効果量が認められた（ $d=1.13$ ）。助走速度変化率においては、ベスト試技とワースト試技の間に有意な差は認められず、効果量もほとんど認められなかった。

以上より、助走速度が高くなればなるほど跳躍距離を向上させることができるタイプと、必ずしも跳躍距離が向上するわけではないタイプの選手が存在することが明らかとなり、日常のトレーニングではタイプの違いを考慮する必要があることが示唆された。

引用・参考文献

- 青山清英・小山裕三・澤村博・稲垣治之・菅生貴之 (2001) 国内一流走幅跳競技者の踏切、踏切準備動作に関するバイオメカニクス的分析. 陸上競技研究 45 (2) : 32-36.
- 青山清英・小木曾一之・安井年文・青山亜紀・重城哲・澤野大地 (2005) 走幅跳の踏切準備動作における身体各部の使い方に関するバイオメカニクスの研究 —支持期について—. 陸上競技研究 63 (4) : 28-35.
- 浅見美弥子 (1988) 走幅跳、三段跳における助走速度が跳躍距離におよぼす影響について. 東京女子体育大学紀要 23 : 69-75.
- Bridgett, L. A. and Linthorne, N. P. (2006) Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed. *Journal of Sports Sciences* 24 (8) : 889-897.
- Coe, M. (1997) Kinematic-dynamic analysis of the takeoff action in the long jump. *Track Coach* 139 : 4443-4453.
- Cohen, J. (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences* 2nd ed., Lawrence Erlbaum Associates : NJ, p.590.
- 深代千之 (1990) 跳ぶ科学. 宮下充正編. 大修館書店: 東京, pp33-46.
- Hay, J. G., Miller, J. A. and Canterna, R. A. (1986) The techniques of elite male long jumpers. *Journal of Biomechanics* 19 (10) : 855-866.
- Hay, J. G. and Miller, J. A. Jr. (1985) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics* 1 : 174-184.
- 伊藤信之・阿江通良・小山宏之・村木有也・図子浩二・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 (1) : 8-17.
- 伊藤知之・金子憲一・袴田智子・柏木悠・船渡和男 (2012) レーザー速度測定器を用いた小学生男子児童の 50m 疾走能力の評価. 日本体育大学紀要 41 (2) : 161-170.
- 荻山靖・小山宏之 (2011) 国内一流男子走幅跳選手における助走パターンの事例的分析. 陸上競技研究紀要 7 : 33-36.
- 木野村嘉則・村木征人・図子浩二 (2012) 走幅跳における助走歩数を増やして踏切るための踏切動作: 短助走跳躍から長助走跳躍に至る踏切動作等の変化率に着目して. 体育学研究 57 : 71-82.
- 金高宏文 (1999) レーザー速度測定器を用いた疾走速度測定におけるデータ処理の検討. 鹿屋体育大学学術研究紀要 22 : 99-108.
- 小山宏之・阿江通良・藤井範久・宮下憲 (2011a) 競技レベル別に見た走幅跳の助走スピードの定量化 —トレーニングで簡便に利用できる指標の提案—. 筑波大学体育科学系紀要 34 : 169-173.
- 小山宏之・村木有也・柴山一仁・清水悠・荻山靖 (2012a) 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析. 陸上競技研究紀要 8 : 21-29.
- 小山宏之・村木有也・柴山一仁・清水悠・荻山靖・阿江通良 (2012b) 助走スピードから見た日本男子走幅跳選手と海外選手の比較. 陸上競技研究紀要 8 : 43-45.
- 小山宏之・村木有也・柴山一仁・清水悠・築野愛・荻山靖・阿江通良 (2011b) 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析. 陸上競技研究紀要 7 : 37-49.
- 熊野陽人・植田恭史 (2014) 学生走幅跳競技者における助走ラスト 2 歩の変化パターンと跳躍距離の関係に関する分析報告. 陸上競技研究 96 (1) : 32-38.
- Lees, A., Smith, G. P. and Fowler, N. (1994) A biomechanical analysis of the last stride, touchdown, and takeoff characteristics of the men's long jump. *Journal of Applied Biomechanics* 10 : 61-78.
- 松林武生・持田尚・本田陽・松田克彦 (2012) 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 : 46-63.
- 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 6 : 137-147.
- 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために —基礎的概念と注意点—. 英語教育研究 31 : 57-66.
- 森長正樹・安井年文・重城哲・加藤弘一・岡野雄司・小山裕三・澤村博 (2003) 走幅跳の成功試技と失敗試技における踏切および踏切準備動作の相違. 陸上競技研究 52 (1) : 12-21.
- 村木征人 (1995) 助走跳躍における運動抑制現象の運動方法論的解釈とコーチング. スポーツ方法

学研究 8 (1) : 129-138.

太田洋一・中村力・浦田達也・伊藤章 (2010) 簡易な測定法を用いた走幅跳におけるパフォーマンスと助走・踏切速度の関係. コーチング学研究 24 (1) : 27-33.

清水悠・阿江通良・小山宏之・村木有也 (2011) 標準動作モデルからみた一流走幅跳選手の踏切準備および踏切動作の特徴. 陸上競技研究 85 (2) : 23-30.

Panoutsakopoulos, V., Papaiakevou, G.I., Katsikas, F.S. and Kolias, I.A. (2010) 3D biomechanical analysis of the preparation of the long jump take-off. New Studies in Athletics 25 (1) : 55-68.

Winter, D.A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement. John Wiley & Sons. Inc. : Tronto, pp65-83.

Relationship between jump distance and takeoff point velocity in each long jumper

Akihito KUMANO Hayato OHNUMA

[abstract]

The purpose of this study was to investigate the relationship between jump distance and run-up velocity in each long jumper, and to get the useful knowledge for training and coaching. The subjects were eleven male student long jumpers. As a result, it was clarify that there were 2 types: (1) a jumper who can improve the jump distance as increasing the run-up velocity, (2) a jumper who can not always improve the jump distance as increasing the run-up velocity. And it was suggested that we should need to take account of the difference of types in daily training.

[key words]

long jump, jump distance, takeoff point velocity, in individuals