

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

太田洋一¹⁾ 中村 力²⁾ 浦田達也²⁾ 伊藤 章²⁾

Relationship between long jump performance and approach run velocity and take-off velocity using simple measurement method

Yoichi Ohta¹⁾, Chikara Nakamura²⁾, Tatsuya Urata²⁾ and Akira Ito²⁾

Abstract

The aims of this study were to investigate the relationships between long jump records and mean velocities in two 5-meters sections during approach running (12-7m and 7-2m sections from the point of take-off), between records and horizontal velocities and vertical velocities after take-off, and between records and the loss of horizontal velocities at take-off, and to obtain some suggestions for coaching toward the long jumpers.

The motions of 66 long jumpers (35 male and 31 female) were filmed and then approach running and take-off velocities were analyzed.

The records had positively related to approach running velocities of both sections. We found that records were positively related to not only horizontal velocities but also vertical velocities after take-off. While, losses of horizontal velocities at take-off were negatively related to record. These results suggest that better long jumpers have higher running velocities from beginning of running approach, higher horizontal and vertical velocities, and lower loss of velocities at take-off.

Key words: Performance, Approach run velocity, Horizontal velocity, Vertical velocity, Coaching
競技パフォーマンス, 助走速度, 水平速度, 鉛直速度, コーチング

1. 緒言

跳躍種目は助走、踏切、空中動作、着地から構成されており、助走は跳躍種目に欠かすことの出来ない要素である。水平跳躍種目（走幅跳や三段跳）における助走の目的は、踏切動作をコントロールしうる範囲での最大の走スピードを獲得すること、または、踏切線の出来る限り近くに踏切脚の爪先をおくことである（伊藤ほか、1994）。特に、助走速度や踏切時の水平速度はパフォーマンス（記録）に強く影響を与える要因であることが、多くの先行研究によって明らかにされている（Luhtanen and Komi, 1979, Hay et al., 1986）。記録と助走速度の関係は、幼児（深代ほか、1983）、一般児童（植屋・中村、1984）、中高生（深代・宮下、1984）、学生選手間（浅見、1988）、さらに、一流選手間においても認められ（Hay et al., 1986, Hay and Miller;

1985, 深代ほか、1994）、さまざまな年齢および競技レベルにおいて確認されるものである（深代、1990）。

したがって、助走速度や踏切時の水平速度は記録に決定的な意味を持っていると言える。

国際大会のトップ・アスリートにおいて、男子走幅跳における歩数および助走距離は平均で、20.3歩／46.70m、女子で19.0歩／39.56mである（伊藤ほか、1994）。助走開始から踏切までの速度は、助走のタイプにも影響されるものの、距離と共に増加していき、踏切前2-6歩で最大速度に達すると報告されている（Popov, 1983, 伊藤ほか、1994）。踏切線手前1mから11mの10m区間を2区間に分けて跳躍記録と助走速度の関係を検討した報告によると、走幅跳では踏切から遠い6m-11m区間の方に高い相関関係が認められている（浅見、1988）。しかし、走幅跳は助走速度の最大値が踏切前2-6歩であるとする、踏切から遠い

1) 国立スポーツ科学センタースポーツ科学研究部
Department of Sports Sciences, Japan Institute of Sports Sciences

2) 大阪体育大学大学院スポーツ科学研究科
Graduate School of Sport and Exercise Science, Osaka University of Health and Sport Sciences.

助走速度の方が記録に強く影響を与える事は考えにくい。踏切板からの距離を区別別に記録との関係を検討した報告は少なく、また浅見(1988)の先行研究は20年以上前のものであることから、現在の選手への指導の為に近年の実際の競技会で再検討する価値は高いものと考えられる。

深代(1990)は助走で獲得された水平速度の減少を最小限に抑えながら身体重心を下げ、踏切で鉛直速度を獲得することが踏切時の準備動作における運動学的特徴としている。跳躍記録と鉛直初速度との関係を検討した報告によると、これら間に有意な関係は認められていない(Hay et al., 1986, 深代ほか, 1994)。しかし、先行研究は跳躍記録が8mを超えるようなトップ選手を対象としたものであり、実際の競技会で幅広い記録の選手を対象として跳躍記録と鉛直速度の関係を検討した報告はほとんどない。一定範囲の記録をもつ選手群だけでなく、広範な競技レベルを有する選手を対象とすることで、踏切時の鉛直速度が記録に与える影響を明確にする事が可能になるであろう。また、鉛直速度を増加させるためには、踏切時のブレーキ(水平速度の減少)が必要とされている(Hay et al., 1986, 深代, 1990)。踏切における水平速度の減少は、1.1-2.1m/sの範囲で助走スピードの10-20%であると報告されているものの(Hay et al., 1986, 深代ほか, 1994)、記録との関係は明らかにされていない。そこで、我々は、幅広い記録の選手を対象として、走幅跳の記録が助走速度や踏切時の水平速度だけでなく、踏切時の鉛直速度や水平速度減少量にも影響されるか否か検討を行った。

実際の記録会を対象とした研究報告による走幅跳の踏切時の水平速度や鉛直速度は、身体重心の移動速度から算出されている。身体重心は撮影された映像から、身体上の多数の点をデジタル化することによって求められる。この手法は身体重心の移動速度を正確に算出することを可能とするが、踏切時の水平速度および鉛直速度だけでなく、踏切板から10m以上後方の助走速度を算出する為には膨大な作業が求められる。また、指導現場では馴染みの薄い3次元解析を行う必要がある。そこで、本研究では現場で簡易に調査や実験が出来るように、側方からのビデオ映像を基にして、身体重心に近い腰の点をデジタル化し助走速度および踏切での水平・鉛直速度を算出することとした。

このような方法を用いて本研究では、記録と踏切前の助走速度(区間別)の関係、記録と踏切時の水平・鉛直速度の関係、および記録と踏切前後の水平速度減

少量の関係を実際の競技会での試合を対象に明らかにし、それによって、指導現場で簡易に比較参考できる資料を提供することにより、指導の方向性を検討できる手がかりを示そうとした。

II. 方法

1) 対象競技会および競技者数

撮影対象の試合は第86回関西学生陸上競技対校選手権大会であった。分析対象選手は男子走幅跳選手35名、および女子走幅跳選手31名の計66名であった。

2) ビデオ撮影

競技場のホームスタンド上段にデジタルビデオカメラ(DSR-PD150, Sony社製)3台を設置し、助走路の左側からシャッタースピード1/1000秒で撮影(60Hz)を行った。撮影範囲は踏切板手前12-7m区間、踏切板手前7-2m区間、および踏切板から2m後方とした(図1)。

3) 測定項目

分析に用いた映像は、対象者の最も記録の良かった試技とした。撮影した映像を基に、腰の中心(上前腸骨棘を目安)を動作分析ソフト(Frame-DIAS II, DKH社製)によりデジタル化し、2次元座標値を算出した。これらの座標値を基に、助走速度(踏切板手前12-7m区間、踏切板手前7-2m区間)、踏切後の身体の水平速度、鉛直速度、および踏切前後での水平速度差を求めた。なお、助走速度は各局面の平均速度とし、踏切後の水平・鉛直速度は踏切終了から6コマまでの平均値とした。踏切前後の水平速度減少量は、踏切手前7-2m区間の水平速度から踏切後の水平速

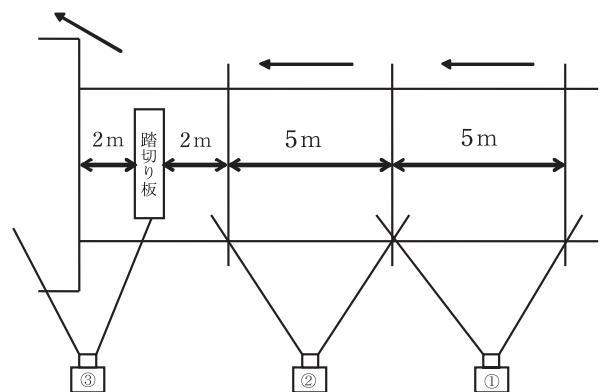


図1 カメラの配置図

度を減算した値とした。さらに、水平速度減少量をもとに7-2m区間の助走速度に対する水平速度減少率(%)を算出した。

4) 統計解析

各測定項目間の関係を検討するためにPearsonの積率相関係数を算出した。なお、跳躍距離は公式記録を用いた。各項目において、男女間での平均値の差はMann-Whitney検定を用いた。踏切板手前12-7m区間と7-2m区間の速度差は対応のあるt-検定を用いた。統計解析にはSPSSソフトウェアを用いた。すべての検定において有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

男子走幅跳の跳躍記録は最大が7.60m、最小が5.65mであり、平均は6.71±0.52mであった。女子走幅跳の跳躍記録は最大が5.88m、最小が4.28mであり、平均は5.12±0.45mであった。その他の測定項目である助走速度などの最大値、最小値および平均値は表1に示した。各測定項目において男女の平均値を比較したところ、1%水準で跳躍記録、踏切板手前12-7mの助走速度、踏切板手前7-2mの助走速度、踏切後の水平・鉛直速度において男子の方が女子より有意に高値を示した。また、水平速度減少率(%)は1%水準で、水平速度減少量は5%水準で男子の方が有意に低値を示した。一方、2区間の助走速度の差には男女で違いは認められなかった。

男女合わせた全体で、踏切板手前12-7mの助走速度と跳躍記録との間に有意な正の相関関係が認められた($r=0.949, p<0.01$) (図2)。また、男女グループ

別においてもそれぞれ有意な正の相関関係が認められた(男: $r=0.791, p<0.01$, 女: $r=0.815, p<0.01$)。

図3は、踏切板手前7-2mの助走速度と記録の関係を示したものである。男女合わせた全体では有意な正の相関関係が認められ($r=0.959, p<0.01$)、男女グループ別においても、それぞれ有意な正の相関関係が認められた(男: $r=0.858, p<0.01$, 女: $r=0.811, p<0.01$)。

男女合わせた全体において、踏切後の水平速度と記録との間には有意な正の相関関係が認められた($r=0.913, p<0.01$) (図4)。男女別で見ても、それぞれ有意な正の相関関係が認められた(男子: $r=0.727, p<0.01$, 女子: $r=0.662, p<0.01$)。記録と踏切後の鉛直速度との関係をみると、男子だけでは有意な相関関係は認められなかった(図5)。一方、全体および女子では有意な正の相関関係が認められた(全体: $r=0.613, p<0.01$, 女子: $r=0.364, p<0.05$) (図5)。

踏切板手前7-2m区間の助走速度と比較すると、

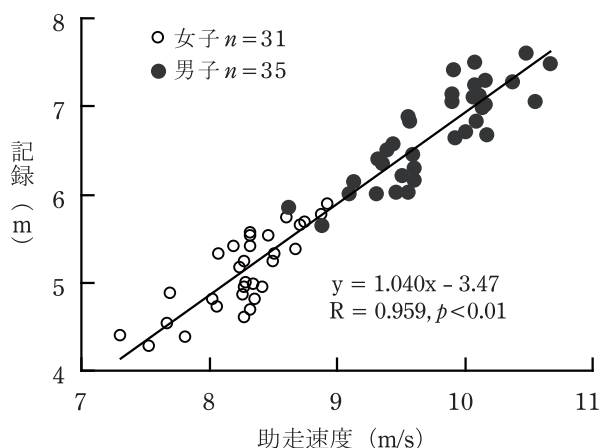


図3 7-2m区間の助走速度と記録の関係

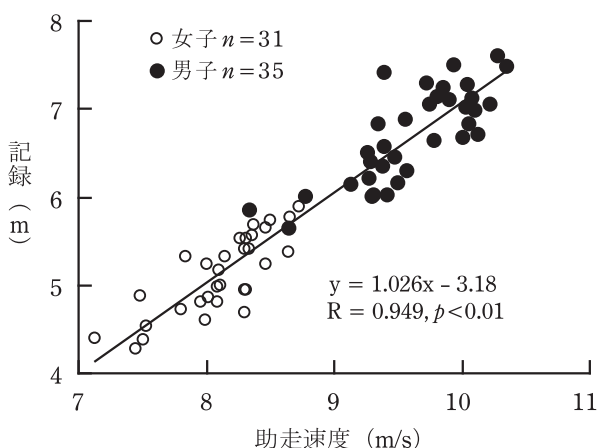


図2 12-7m区間の助走速度と記録の関係

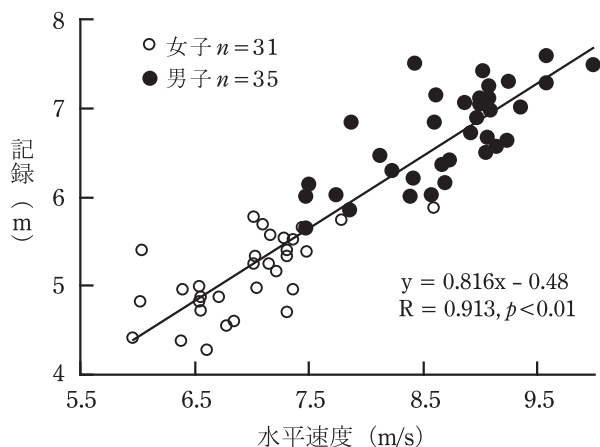


図4 踏切後の水平速度と記録の関係

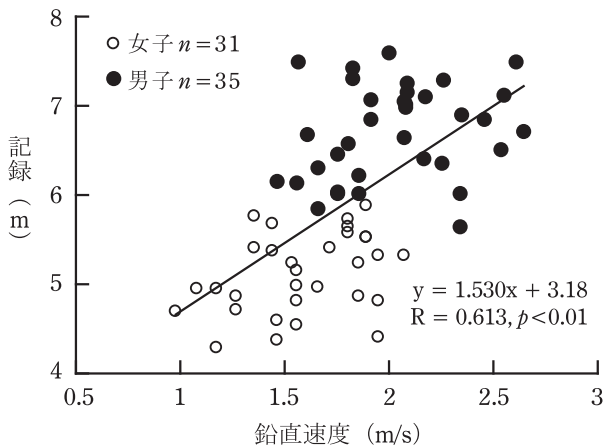


図5 踏切後の鉛直速度と記録の関係

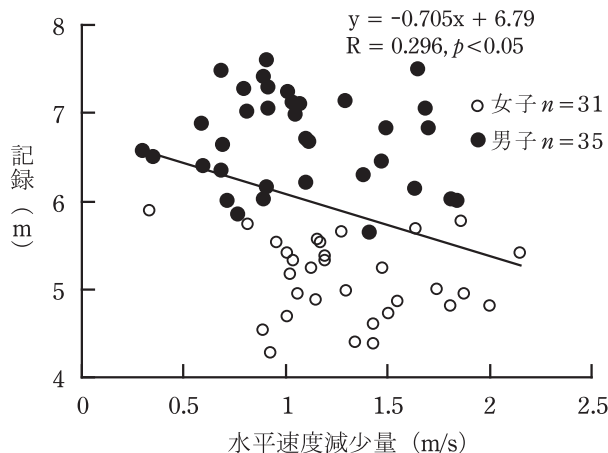


図6 水平速度減少量と記録の関係

踏切後の水平速度は全ての選手で減少した。男子の速度減少量は 1.08 ± 0.41 m/sであり、女子は 1.31 ± 0.40 m/sで女子の方が有意に高値を示した(表1)。男女グループ別でみると記録と速度減少量との間に有意な相関関係は認められなかったが、全体で見ると、記録と水平速度減少量との間に有意な負の相関関係が認められた($r = -0.296, p < 0.05$) (図6)。また、助走速度に対する水平速度減少量の割合(%)で記録との関係を見ると、男女別では有意な関係は認められないものの、全体では有意な負の相関関係が認められた($r = -0.503, p < 0.01$) (図7)。水平速度減少量と鉛直速度との間には、全体および男女ともに有意な関係は認められなかった(図8)。水平速度減少率と鉛直速度との関係を見ると、男女グループ別では有意な相関関係は認められなかったが、全体で見ると、有意な負の相関関係が認められた($r = -0.303, p < 0.05$) (図9)。

踏切板手前12~7m区間と踏切板手前7~2m区間の速度差は男女ともに平均で0.16m/sであり、踏切板に

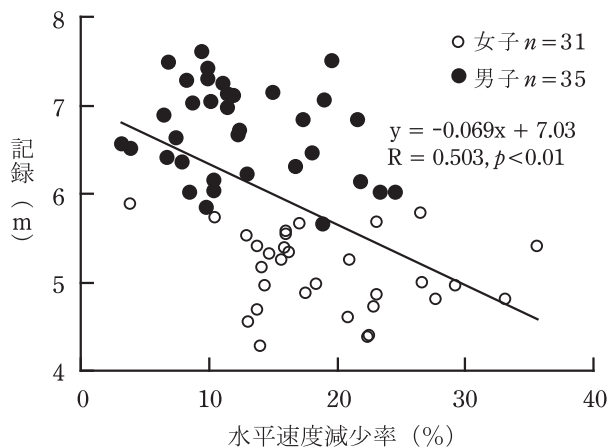


図7 水平速度減少率と記録の関係

近い7~2m区間の方が有意に高値を示した($p < 0.01$, 表1)。記録と踏切板手前12~7m区間と踏切手前7~2m区間の速度差の間には、全体および男女ともに有意な関係は認められなかった(図10)。

表1 測定値の平均(SD)・最大値・最小値および性差

	記録(m)	踏切後の水平速度(m/s)	踏切後の鉛直速度(m/s)	7~2m区間の平均助走速度(m/s)	12~7m区間の平均助走速度(m/s)	踏切前後の水平速度減少量(m/s)	水平速度減少率(%)	2区間の助走速度差(7~2m-12~7m)(m/s)	
男子	平均	6.71±0.52	8.69±0.61	2.02±0.32	9.77±0.46	9.61±0.46	1.08±0.41	12.69±5.60	0.16±0.13
	最大	7.60	9.99	2.65	10.67	10.35	1.84	24.59	0.53
	最小	5.65	7.47	1.46	8.62	8.33	0.29	3.2	-0.11
女子	平均	5.12±0.45	6.97±0.55	1.59±0.29	8.28±0.37	8.12±0.39	1.31±0.40	19.15±6.9	0.16±0.13
	最大	5.88	8.60	2.08	8.93	8.73	2.15	35.61	0.37
	最小	4.28	5.97	0.98	7.31	7.13	0.33	3.87	-0.1
性差	**	**	**	**	**	*	**		

$p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$

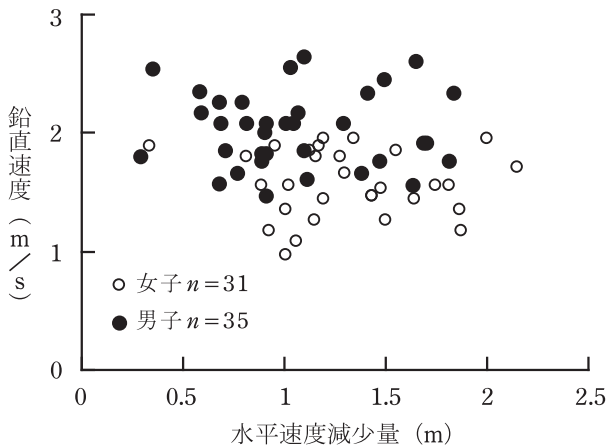


図8 水平速度減少量と鉛直速度の関係

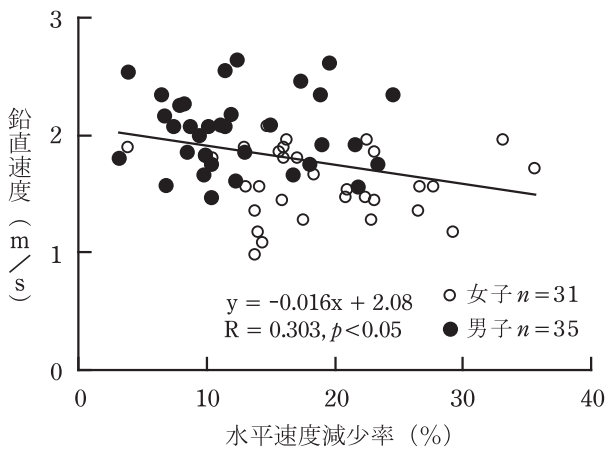


図9 水平速度減少率と鉛直速度の関係

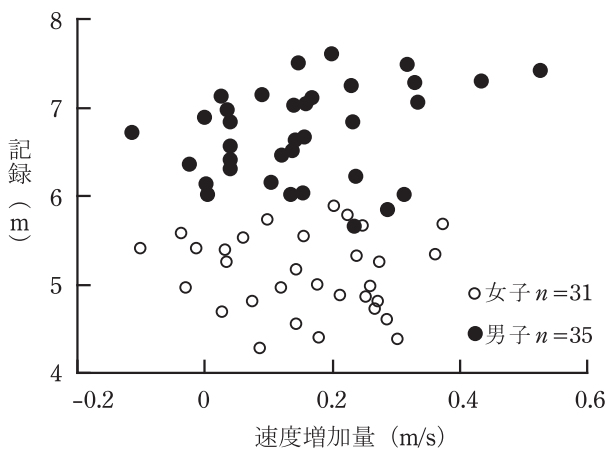


図10 助走速度の速度変化量と記録の関係

IV. 考察

本研究では、実際の競技会で広範な競技レベルを有する走幅跳選手を対象として、助走速度と跳躍距離の

関係および、踏切時の水平・鉛直速度および、踏切前後の速度差と記録の関係について検討した。

1. 踏切板手前(12-7mと7-2m)の助走速度と跳躍記録の関係

踏切板手前12-7mの助走速度と跳躍記録の関係では、全体および男女ともに有意な相関関係が認められた(図1)。この結果は先行研究を支持するものであり(浅見, 1988), 踏切前の早い段階から助走速度が速い選手ほど記録が良いことを示している。同様に、踏切板手前7-2mの助走速度と記録との間にも、全体および男女ともに有意な相関関係が認められ(図3), どの区間においても助走速度の速い選手ほど記録が良いことが明らかとなった。記録と踏切板手前7-2mの助走速度の相関係数($r=0.959$)は踏切板手前12-7m($r=0.949$)のものと同様の値であった。これらのことは、踏切直前の助走速度だけでなく、踏切手前12m地点における助走スピードも記録に影響を与える要因であると言える。したがって、踏切から遠い地点での助走スピードを高めることも重要であると考えられる。しかし、助走距離が39mから46mであることを考えると(伊藤ほか, 1994), 本研究で検討した踏切手前12m地点よりも手前の助走速度も記録に関係する要因であることは否定できない。本研究よりも踏切手前の助走速度や助走パターンを検討することにより、助走速度が記録に与える影響をさらに明らかにすることが可能となるであろう。

先行研究では、踏切板手前より遠くの11-6m区間の助走スピードの方で記録との関係が強いことを報告している(浅見, 1988)。これは、追風が1.3m-5.6mというかなりの強風であり、踏み切り線に近い部分での助走のコントロールが難しかったためと推察している。本研究で対象とした試合の風は、男子で追風4.2m-0mの範囲で平均 1.4 ± 1.3 m, 向い風0.4m-0.1mの範囲で平均 0.2 ± 0.1 mであり、女子は追風0.3m-0mの範囲で平均 0.1 ± 0.2 m, 向い風1.1m-0.1mの範囲で平均 0.5 ± 0.2 mであり、先行研究と比較すると穏やかであった。競技コンディションによっては結果に違いが現れる可能性も考えられる。

踏切板手前7-2mの助走速度は、踏切板手前12-7mの助走速度よりも有意に高値を示した。これは、ほとんどの選手が踏切板に近い区間まで加速していることを示している。しかし、記録との関係を見ると(図10), これら2区間の速度差と記録の間には有意な関係は認められなかった。したがって、踏切まで加

速した助走が記録に繋がるのか、踏切前に速度を一定に保つ助走が記録に繋がるか否かは本研究の結果から明らかにされなかった。

2. 踏切直後の水平・鉛直速度と跳躍記録の関係

全体および男女ともに、踏切直後の水平速度と記録との間に有意な正の相関関係が認められた(図4)。一方、踏切後の鉛直速度は、男子では有意な相関関係は認められなかったが、全体および女子では有意な正の相関関係が認められた(図5)。走幅跳は助走で獲得された水平速度の減少を最小限に抑えながら身体重心を下げ、踏切で鉛直速度を獲得することが踏切時の準備動作における運動学的特徴とされている(深代, 1990)。しかし、跳躍記録と鉛直速度との間に有意な関係は認められていない(Bosco et al., 1976, 深代ほか, 1994)。先行研究と同様に、本研究において男子で有意な関係が認められなかったことは、記録の増加と共に踏切後の鉛直速度の記録への貢献が水平速度に比べ小さくなっていることを示唆している。しかし、本研究の全体および女子の結果は、記録の良い選手の方が踏切時の鉛直速度が高いことを示している。踏切後の鉛直速度は女子と比較すると記録の高い男子の方が有意に高く、さらに、世界一流選手の鉛直初速度は3m/sを超えるものであり(深代ほか, 1994)本研究の最大値よりも大きく、これらのことから記録の高い選手ほど踏切時の鉛直速度が大きいと言える。したがって、幅広い記録の選手を対象とすることで、水平速度よりも影響は小さいものの、踏切時の鉛直成分も記録に影響を与える要因であることが示唆された。本研究で対象とした選手では、パフォーマンスを高める為に、まず助走および踏切時の水平速度を増加させ、その後、踏切時の鉛直速度も増大させるように指導する必要があるだろう。

深代(1990)によると、跳躍距離は助走速度と技術とを掛け合わせたもの(跳躍距離=助走速度×技術)としている。また、跳躍距離は助走速度によって強く規定されるが、場合によっては同じ助走速度でも1m程度の跳躍差が認められるとしている。本研究においても、12-7m区間の助走速度、7-2m区間の助走速度、踏切直後の水平速度で、同じ速度でも1m-1.5mほど記録のばらつきが確認された。このばらつきにおいて回帰直線を中心として見ると、深代(1990)の示唆するように回帰直線よりも左上に位置する選手は、走速度や踏切後の水平速度に対して跳躍距離の獲得幅が大きく、踏切や着地技術が巧みであるものと推察さ

れる。このような選手は助走および水平速度を高めることで記録の向上につながるものと考えられる。一方、右下に位置する選手は助走・踏切速度に対して跳躍距離の獲得幅が小さく、速い助走および水平速度を記録に繋げる技術力が劣っているものと考えられ、踏切や着地などの技術力の向上が求められる。このように、回帰直線を基準とすることで、助走速度に対する技術の巧みさの指標となり、指導への示唆に繋がるだろう。

3. 踏切前後の水平速度差と跳躍記録の関係

踏切における水平速度の減少は、1.1-2.1m/sの範囲で助走スピードの約10-20%と報告されている(Hey et al., 1986, 深代ほか, 1994)。本研究では、男子が平均1.08m/s(助走速度の12.69%)で、女子が平均1.31m/s(19.15%)であり、先行研究で示された範囲内であった。記録との関係では、男女別では有意な関係は認められなかったが、全体で見ると有意な正の相関関係が認められた(図6)。また、助走スピードの速い選手は助走スピードの遅い選手と比較すると、同じ速度減少量であっても相対的に速度減少量が小さくなることから、助走速度との割合で検討したところ、水平速度減少率は減少量よりも記録との間に強い相関関係が認められた(図7)。したがって、男女全体で見るとような幅広い記録(最小4.28m, 最大7.60m, 平均5.98±0.93)で検討することにより、記録の良い選手ほど踏切時の水平速度減少率が小さい傾向にあることが示唆された。しかし、踏切時の水平速度の減少は踏切時の鉛直速度を増加させる為に必要であり、助走スピードの速い世界一流選手であっても、助走スピードの10-20%ほど認められる(深代ほか, 1994)。つまり、踏切時の水平速度の減少は一定程度(助走スピードの約20%)必要であることが示唆される。

先行研究によると、踏切時の水平速度の減少と踏切における垂直速度の増加との間には、中程度の正の相関関係(Hey et al., 1986)が認められるものもあれば、有意な関係は認められないものもある(深代ほか, 1994)。本研究では、水平速度減少量と鉛直速度との間に男女別および全体で有意な相関関係は認められなかった(図8)。一方、水平速度減少率と鉛直速度との関係では男女別では有意な関係は認められなかったが、全体で見ると弱い有意な負の相関関係が認められた(図9)。これらの結果は、踏切における水平速度の減少(ブレーキ)は、鉛直速度獲得のために必要な要因であるが(深代, 1990)、ブレーキの大きさが必ず

しも鉛直速度の増加に反映されるものではないことを示している。水平速度の減少を鉛直速度に変換するためには、高度な技術や強い脚筋力が必要と考えられる。実際に女子の踏切後の鉛直速度は男子と比較すると有意に低いにもかかわらず、水平速度の減少量および減少率が有意に高いことから（表1）、踏切時の水平速度の減少を効率的に鉛直速度に変換出来ていないものと推察される。踏切時においては体重の約7倍から10倍の地面反力が脚に加わり、強い脚筋力が要求される（Bosco et al., 1979, 深代, 1983, Hay et al., 1993）。先行研究によると、踏切時において膝および股関節伸展筋力の高い者は、踏切中間の踏切脚膝関節角度を大きく保つ跳躍が可能となり、高い跳躍につながると推察されている（志賀・尾懸, 2004）。したがって、女子は膝および股関節伸展筋力を高めることで水平速度の減少を効率的に鉛直速度に変換することが出来るかもしれない。しかし、鉛直速度を生み出すための水平速度の減少については不明な点が多いことから、さらなる研究が必要である。

4. 実践への示唆

本研究の手法は、ハイスピードカメラや高度な撮影技術、デジタル技術を用いておらず、現場で簡易に撮影・分析・フィードバックが出来る方法であるといえる。本研究で得られた結果は、先行研究と逸脱したものでなく、十分な信頼性を持ち合わせるものであることから、エリート選手のデータとの比較も可能であると考えられる。したがって、本研究の手法を用いて練習中や試合でビデオ撮影し分析することで、容易に個々の選手の課題が浮き彫りとなり、トレーニングの方向性を示すことが出来るであろう。

V. 結論

本研究の結果からは以下のことが示唆された。

1. 記録を高めるためには、踏切直前の水平速度を高めることが重要となり、そのためには踏切手前から助走速度を高めておく必要がある。
2. 助走速度を増加させた後、さらに記録を高めるためには踏切時の鉛直速度を増大させる必要がある。
3. 鉛直速度を増大させる為に必要な踏切時の水平速度減少量（ブレーキ）は、一定程度（助走速度の約

20%）必要である。しかし、ブレーキを効率的に鉛直速度に変換する為のメカニズムは不明な点が多い。

4. 記録と助走速度との回帰直線をもとにすると、踏切技術の良し悪しが判別できる。

謝辞

本研究をまとめるにあたり、同研究室の古淵昌士さん、野中真由美さんには多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を記すと共に深く御礼申し上げます。

引用文献

- 浅見美弥子（1988）走幅跳、三段跳び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, 3 : 69-75.
- Bosco, C., Luhtanen, P., and Komi, P.V. (1976) Kinetics and kinematics of the take-off in the long jump. In: P. V. Komi (ed), Biomechanics V-B, Baltimore, 6 : pp.174-180.
- 深代千之・稲葉勝弘・畑栄一・宮下充正（1983）幼児期における跳動作の練習効果。Jan. J. Sports Sci, 2 (12) : 994-999.
- 深代千之・宮下充正（1984）走幅跳における効果的動作の評価法。第7回日本バイオメカニクス学会大会大会論集, 星川保, 豊島進太郎編 : pp.66-70.
- 深代千之（1990）跳ぶ科学。大修館書店：東京, pp.34-47
- 深代千之・若山章信・小嶋俊久・伊藤信之・新井健之・飯干明・淵本隆文・湯海鵬（1994）走幅跳のバイオメカニクス。佐々木秀幸ほか編 世界一流陸上競技者の技術。ベースボールマガジン社：東京, pp.135-151.
- Hay, J.G., and Miller, J.A. (1985) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. Int. J. Sport Biomech, 1 : 174-184.
- Hay, J. G., Miller, J.A., and Canterna, R.W. (1986) The techniques of elite male long jumpers. J Biomech. 19 (10) : 855-866.
- 伊藤信之・新井健之・深代千之・阿江通良（1994）水平跳躍種目（走幅跳及び三段跳）の助走分析。佐々木秀幸ほか編 世界一流陸上競技者の技術。ベースボールマガジン社：東京, pp.123-134.
- Luhtanen, P., and Komi, P.V. (1979) Mechanical power and segmental contribution at force impulses in long jump take-off. European Journal of Applied Physiology, 41 : 264-274.
- Popov V.B. (1983) The long jump run-up. T. Tech. 85 : 2708-2709.
- 志賀 充・尾懸 貢（2004）走幅跳競技者の下肢筋力と踏切中のキネマティクス及びキネティクスの関係—膝関節と股関節に着目して—。体力科学53 : 157-166.
- 植屋清見・中村和彦（1984）走幅跳の距離獲得条件—その定性的モデルと小学生におけるLimiting Factor—。星川保・豊島進太郎編 第7回日本バイオメカニクス学会大会大会論集, pp.71-79.

平成22年4月17日受付
平成22年7月22日受理