

バウンディングの跳躍距離に及ぼす要因 —地面反力と重心速度に着目して—

大宮 真一 (愛知教育大学 保健体育講座 大学院)
合屋十四秋 (愛知教育大学 保健体育講座)

Ground Reaction Forces and Image Analysis on bounding jump in male versity athletes.

Shin-ichi OMIYA (Graduate Student of Education)
Toshiaki GOYA (Department of Health and Physical education)

I. 緒言

陸上競技の走幅跳や三段跳の踏切動作、全力疾走中のキック動作は、伸張—短縮サイクル (Stretch—shortening cycle、以下SSC) による筋活動によってなされている (深代1983、馬場ら2000)。SSCは、素早いエキセントリック筋活動の直後にコンセントリック筋活動を行うことによって爆発的な力を生み出すことが知られている (長谷川1999、図子2000)。SSCを利用したトレーニングは、プライオメトリックトレーニング (以下プライオメトリクス) と呼ばれている。プライオメトリクスにより、神経・筋・腱連合体系のメカニズムが有効に機能することから、SSCが非常に大きな力を短時間に発揮したり、効率の高い運動の遂行を可能にすることが報告されている (図子2000)。よって、走幅跳や三段跳の踏切や全力疾走中のキック動作において、高い筋出力が成されるために、プライオメトリクスが重要となる。

陸上短距離選手や跳躍選手のプライオメトリクス手段の一つであるとともに選手のトレーニング状態を評価するためにバウンディング (交互片脚連続跳躍) が、トレーニングの現場では多く用いられている。中でもバウンディングの代表である立五段跳や立十段跳などの跳躍距離は、選手の競技力と高い相関関係にあることが知られている (小林ら1999)。すなわち、プライオメトリクス手

段としてバウンディングを行い、SSC能力を向上させることによって、バウンディングの跳躍距離を伸ばすことが競技力向上の一助になると考えられる。よって、バウンディングの跳躍距離を増大させる要因を検討することが必要であると考えられる。

これまでに行われてきたプライオメトリクスのジャンプトレーニングに着目した研究は、両脚で行う鉛直方向への跳躍運動を対象にしたドロップジャンプが多い。しかし、水平方向へのジャンプトレーニングであるバウンディングに関する先行研究は少ない (石塚1980、渡部1985、岡野ら1993、小林ら1999、永松ら1999、木越ら2001)。さらに、バウンディングの跳躍距離、地面反力、重心速度を検討したものは限られている。中でも、石塚 (1980) は、バウンディングの行い方によって、地面反力パターンから競技種目別のトレーニングの有効性を示唆しているが、地面反力の分析のみにとどまっている。小林ら (1999) は立五段跳の総跳躍距離には三步目の跳躍歩が密接に関係していることを報告しているが、跳躍距離を決定づける要因を明らかにしていない。永松ら (1999) はバウンディングの特性を身体の逆振り子運動と地面反力から検討しているものの跳躍距離と関係づけて検討されていない。

また、バウンディングの跳躍動作は、水平方向への跳躍運動である三段跳と類似している局面が

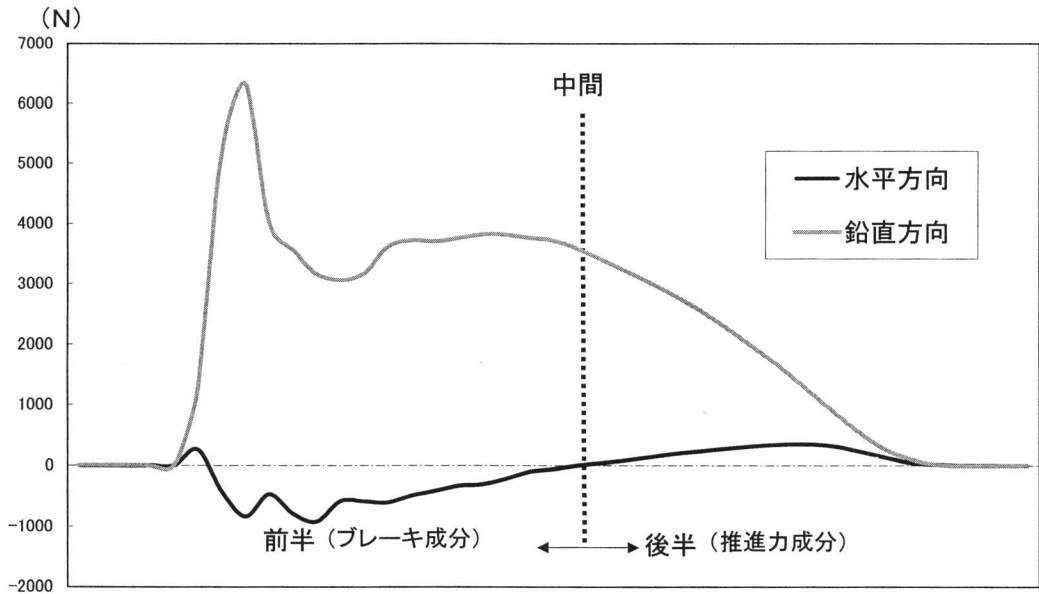


図1 地面反力波形

多い。深代は(1983)、三段跳の跳躍距離が助走速度と有意な正の相関関係にあると報告している。

したがって、バウンディングにおける跳躍距離に及ぼす要因を明らかにするには、バウンディングの跳躍距離を地面反力および重心速度と関連させて研究することが重要であると考えられる。そこで、本研究の目的は、バウンディングの跳躍距離と地面反力および重心速度との関係から、跳躍距離に及ぼす要因を明らかにし、競技力向上の一助とすることである。また、これからのトレーニングの一知見とするものである。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、陸上競技部に所属する男子大学短距離選手および跳躍選手7名(年齢 23.0 ± 1.3 years、身長 171.8 ± 4.8 cm、体重 63.4 ± 5.5 kg)であった。また、被験者は、普段のトレーニングにおいてバウンディングを行っていた。

2. 実験試技

被験者は、三步の助走からバウンディングを全

力で行った。開始してから一歩目をKistler社製フォースプレート上で踏み切った後、約15m跳び続けてもらった。フォースプレート上で自然な動作で踏み切ることができなかったものや足がはみ出したものは無効試技とし、有効試技を3本行うことができるまで続けた。

3. 測定項目および測定方法

(1) 跳躍距離

跳躍距離は、フォースプレート上に接地した足のつま先から、踏み切って踏切脚との反対脚が接地した瞬間のかかとまでとした。

(2) 地面反力

フォースプレート上で接地している間の鉛直方向と水平方向(図1)の地面反力を測定した。また、地面反力から接地時間(前半・後半)、鉛直方向の力積および水平方向の力積(前半・後半)を算出した。また、水平方向の地面反力により、負から正に変化する地点を接地中点とし、それよりも前を前半、それより後を後半とした。

(3) 重心速度

接地中の重心速度は、7m側方よりVictor社製

GR-DV2000で撮影(60f.p.s)し、その映像から重心水平速度と重心鉛直速度の合成重心速度(踏切接地速度および踏切離地速度)を算出した。

Ⅲ. 結果

各分析項目の平均と標準偏差は、表1に示した。

表1 分析項目の平均値と標準偏差

分析項目	平均値	SD
跳躍距離 (cm)	252.8	15.2
接地時間 (sec)	前半	0.087
	後半	0.092
鉛直力積 (Ns/BW)	前半	3.61
	後半	1.96
水平力積 (Ns/BW)	前半	-0.40
	後半	0.28
踏切接地速度 (m/s)	5.30	0.45
踏切離地速度 (m/s)	5.57	0.50

1. 跳躍距離と各分析項目の相関関係

表2は、跳躍距離と各分析項目の相関関係を示したものである。跳躍距離と有意な相関関係を示したものは、接地時間後半 ($r=-0.490, p<0.05$)、鉛直力積前半 ($r=0.622, p<0.01$)、水平力積前半 ($r=-0.556, p<0.01$)、水平力積後半 ($r=-0.581, p<0.01$)、であった。

2. 鉛直および水平力積の前半と後半の関係

図2は、鉛直方向および水平方向力積の前半と後半の関係を示したものである。鉛直方向においては有意な負の相関関係 ($r=-0.710, p<0.001$) が認められ、水平方向においては有意な正の相関関係 ($r=0.577, p<0.01$) が認められた。

3. 踏切接地速度と鉛直および水平方向の力積前半の関係

図3は、踏切接地速度と鉛直方向および水平方向の力積前半との関係を示したものである。鉛直力積前半とは有意な負の相関関係 ($r=-0.463, p<0.05$) が認められ、水平力積前半とは有意な相関関係 ($r=0.234, ns$) は認められなかった。

表2 跳躍距離と各分析項目との相関関係

	接地時間 前 半	接地時間 後 半	鉛直力積 前 半	鉛直力積 後 半	水平力積 前 半	水平力積 後 半	踏切接地 速 度	踏切離地 速 度
跳躍距離	0.392	* -0.490	** 0.622	-0.340	** -0.556	** -0.581	-0.038	-0.289

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

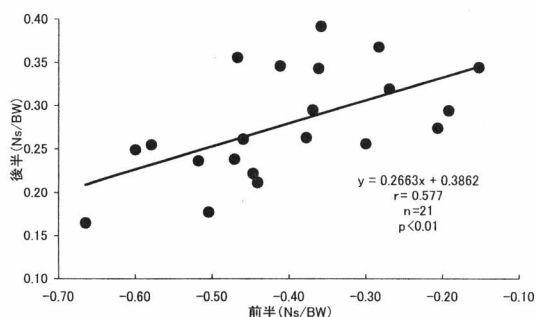
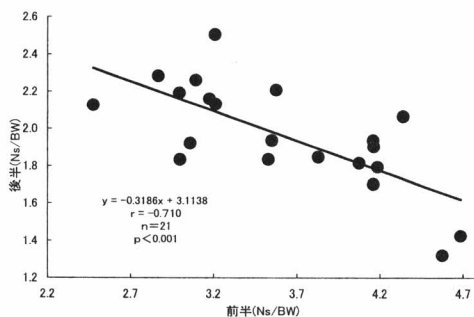


図2 鉛直方向(左)および水平方向(右)の力積の前半と後半の関係

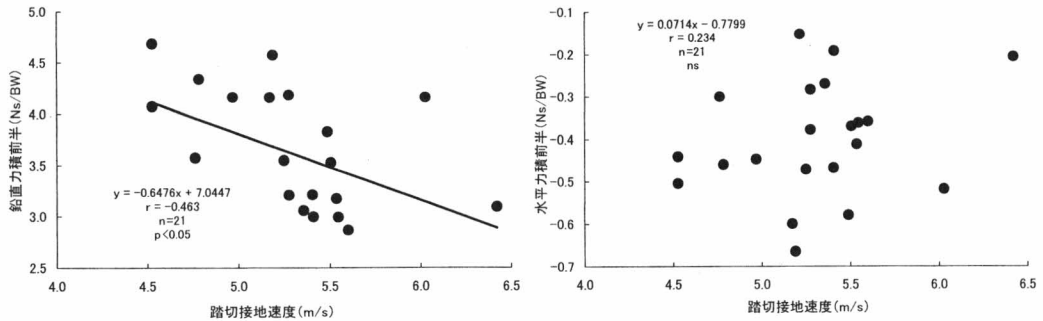


図3 踏切接地速度と鉛直(左)および水平方向(右)の力積前半の関係

IV. 考 察

1) 跳躍距離に影響を及ぼす要因

永松ら (1999) は、バウンディングにおいて、踏切後半の地面反力は遠くに跳ぶための推進力成分であり、鉛直および水平方向の力積後半の獲得が重要であると示唆している。本研究における跳躍距離との関係において、鉛直力積前半および水平力積後半との間には有意な負の相関関係が認められ、水平力積前半との間には有意な正の相関関係が認められた (表2)。なお、鉛直力積後半においては負の傾向が認められた。踏切前半におけるブレーキ成分が大きく、さらに後半における推進力成分が小さかったものが跳躍距離を獲得していることを示している。これらは、永松らが示唆するものとは異なった。

また、永松ら (1999) は、バウンディングの地面反力における力積の前半と後半の関係において、力積前半が大きくなるほど力積後半を獲得するのが困難であると報告している。さらに、力積前半を増大させる要因として、接地する直前の踏切接地速度の増大によるものと報告している。本研究において、鉛直力積の前半と後半の間に有意な負の相関関係が認められ、水平力積の前半と後半の間に有意な正の相関関係が認められた (図2)。これらは、力積前半が大きいのものは力積後半の獲得が困難であるということを示している。したがって、永松らの報告を支持するものであった。ま

た、踏切接地速度と鉛直力積前半の間に有意な負の相関関係が認められ、踏切接地速度と水平力積前半の間には有意な関係は認められなかった (図3)。これらのことは、これらは、永松らの報告とは異なる結果となった。したがって、踏切接地速度が速くなると力積前半が小さくなることから、跳躍距離獲得に大きな要因となる力積前半は、踏切接地速度によって決定されるものではないことを示している。

深代 (1983) は、走幅跳と三段跳の跳躍距離は助走速度との間に有意な正の相関関係があると報告している。しかし本研究において、跳躍距離と助走速度に反映される踏切接地速度および踏切離地速度の間には有意な相関関係は認められなかった (表2)。これらは、深代の報告とは異なった。したがって、5~6m/sの助走速度は、跳躍距離に大きく貢献していないことを示している。

上述の結果から、踏切においてブレーキ成分を大きくし、推進力成分を小さくすることが跳躍距離の増大につながると考えられる。そして、跳躍距離に及ぼす要因であると考えられる力積前半の獲得には、助走速度よりも踏切技術が関係しているのではないかと考えられる。

2) 跳躍距離に影響を及ぼす踏切技術

稲岡ら (1992) は、デブスジャンプトレーニングにおいて、積極的着地 (以下Active Landing) の有効性について検討している。着地の仕方は、両脚で着地した後、即座に垂直上方へできる限り

高く跳躍するNormal Landingと、台上でどちらか一方の脚を、膝を伸ばした状態で持ち上げ、主働筋群を予備緊張させて地面に両脚を振り戻すように積極的に着地した後、垂直上方へできる限り高く跳躍するActive Landingの2種類であった。そして、デプスジャンプの地面反力と動作の比較を行った。その結果、Active Landingの方が、踏切後半の接地時間は短く、踏切前半における地面反力は大きかったと報告している。このように、短時間の内に跳躍動作を行うことができることから、陸上競技の助走を用いるような跳躍種目において、爆発的な筋力の発揮に効果的な手段としてActive Landingが有効であると示唆している。さらに、予備緊張によって、踏切前半で大きな力を発揮し、その力を有効に短縮性収縮へと切り換えられる技術であると示唆している。このことから、本研究では、跳躍距離との関係において、接地時間後半および水平力積前半との間に有意な負の相関関係が認められ、鉛直力積前半との間に有意な正の相関関係が認められた(表2)。したがって、本研究において、跳躍距離の増大は、Active Landingによるものではないかと考えられる。しかし、このことは推測であり、バウンディングとデプスジャンプでは運動様式が違うため、接地時間や地面反力に違いがあると考えられる。バウンディングにおいてもActive Landingが有効な踏切技術であるかどうか、さらなる検討が必要である。

以上のことから、本研究におけるバウンディングの跳躍距離に及ぼす要因は、力積前半にあることが示唆される。力積前半の増大には、Active Landingを行うことが重要ではないかと考えられる。Active Landingを行うことによって、跳躍距離を増大させるとともに脚のSSC能力が改善され、競技力向上の一助になると考えられる。

IV. まとめ

本研究は、被験者7名に三步助走から開始されるバウンディングを行わせ、フォースプレートとデジタルビデオカメラを用い、バウンディングの跳躍距離・地面反力・重心速度を算出した。これ

らによって、跳躍距離に影響を及ぼす要因を地面反力と重心速度から明らかにし、競技力向上の一助とするものである。その結果、以下の通りであった。

- 1) バウンディングの跳躍距離と各分析項目の関係において、鉛直力積前半の間に有意な正の相関関係が認められ、接地時間後半および鉛直力積後半および水平力積前半・後半の間に有意な負の相関関係が認められた。これら以外の分析項目の間には、有意な相関関係が認められなかった。
- 2) 鉛直力積の前半と後半の間に有意な負の相関関係が認められ、水平力積の前半と後半の間に有意な正の相関関係が認められた。
- 3) 踏切接地速度と鉛直力積前半の間に有意な負の相関関係が認められ、踏切接地速度と水平力積前半の間に有意な相関関係は認められなかった。

以上のことから、跳躍距離に及ぼす要因は、力積前半にあることが示唆される。力積前半の増大は、Active Landingによるものではないかと考えられる。Active Landingによって、跳躍距離を増大させるとともに脚のSSC能力が改善され、競技力向上の一助になると考えられる。

文 献

- 馬場崇豪・和田幸洋・伊藤章(2000) 短距離走の筋活動様式. 体育学研究45: 186-200.
- 深代千之(1983) 走幅跳・三段跳のBiomechanics. J.J.SPORTS.SCI.2(8): 600-613.
- 長谷川裕(1999) プライオメトリクスに関するストレッチ・ショートニング・サイクルの神経生理学背景. コーチング・クリニック6: 6-9.
- 稲岡純史・村木征人・阿江通良(1992) デプスジャンプトレーニング-主働筋の予備緊張をともなう積極的着地(Active Landing)の有効性. トレーニング科学4(1): 75-83.
- 石塚浩(1980) 練習手段としてのバウンディング・ストライドに関する分析的研究 -特に力量的

変化の側面に関して一、筑波大学体育研究科研究収録：49-53.

小林修・金高宏文・平田文夫（1999）立五段跳の総跳躍距離と各跳躍歩の関係についての分析. 陸上競技研究39（4）：34-40.

木越清信・尾縣貢・田内健二・高松薫（2001）特異的な筋力および筋パワートレーニング手段としての立ち五段跳および立ち十段跳の有効性. 陸上競技研究47（4）：13-18.

永松幸一・図子浩二（1999）踏切中の地面反力と身体の逆振り子運動から見たバウンディングの特性. 第14回日本バイオメカニクス学会大会論文集 バイオメカニクス研究概論：356-360.

岡野進・杉浦雄策（1993）Towing（牽引）によるバウンディング・トレーニングの有効性. 明海大学教養論文集5：12-20.

渡部近志（1985）スプリントトレーニングにおける競技能力別指導についての一考察 —バウンディング運動から—. 国士舘大学体育学部紀要13：7-11.

図子浩二（2000）SSC理論を応用したトレーニングの可能性. トレーニング科学12（2）：69-84.