

水平移動バウンディング運動の動作特徴

酒井 卓*・福島 洋樹・山田 顕**・堀田 朋基

The characteristics of movement during horizontal bounding exercise

Suguru SAKAI・Hiroki FUKUSHIMA・Akira YAMADA・Tomoki HORITA

E-mail: fukushi@edu.u-toyama.ac.jp

摘要

本研究の目的は、立ち五段跳の動作特徴を明らかにし、指導場面への知見を得ることであった。通常の立ち五段跳と上肢を固定した条件下での立ち五段跳を実施させた。立ち五段跳の跳躍距離を規定する要因として、鉛直速度、接地時間、腰回旋角度、振込み速度が挙げられた。また熟練者は、より離地直前で肩と腰の回旋の切り返しを行っていた。接地期の肩と腰の回旋動作範囲は、熟練者が最も小さく、未熟練者ほど大きくなる傾向を示した。上肢を固定した試技は、跳躍距離、身体重心速度、脚スイング速度、振込み速度を低下させ、接地時間、体幹の前屈角度を増加させた。指導場面への知見として、短い接地時間で実施できる運動様式であることを優先させながら、遊脚の振込み動作を強調すること、接地期の腕の振りはコンパクトに実施することが挙げられた。

キーワード：バウンディング・跳躍運動・立ち五段跳

I. 緒言

ダイナミックな動作、つまり動きの大きさ、速さ、正確さなどを兼ね備えた動きは、多くの競技スポーツで追及されるべき要素のひとつである。まずは、多くのスポーツ種目に共通する基本的な運動である「走る・跳ぶ・投げる」といった動作にダイナミックさを求めることから始まるだろう。深代(2012)は、このようなダイナミックな動作は「反動動作」の利用によって可能とされ、その反動動作を「主動作の前に逆方向への動作を行い、それによって主動作のパフォーマンスを高める」と定義している。また、この動作は、伸張-短縮サイクル(stretch-shortening cycle: SSC)とも呼ばれている(Komi, 1992)。主に働く筋と腱(筋腱複合体)が一度引き伸ばされ(stretch)、すばやく短縮する(shortening)メカニズムにより、主動作に関わる筋と腱は短時間でより高い出力を発揮することができる。

このような伸張-短縮サイクルの弾性効果、つまり、腱の伸縮により筋の出力特性を効果的に使うと

いった「筋-腱の運動機能の向上」を獲得するトレーニング手段として、プライオメトリクストレーニング(以下、プライオメトリクス)が挙げられる。プライオメトリクスとは、台から跳び下りて垂直にジャンプする「ドロップジャンプ」のように、鉛直方向への高さを求めるエクササイズや、片脚交互で連続して水平移動距離を求めるエクササイズである「バウンディング運動」などが提示されている(図子, 2012)。このようなプライオメトリクスは、多くのスポーツ種目の競技力向上へのトレーニング手段として有効とされてきた。

しかしながら、図子(2012)は、プライオメトリクスは一定の正しい技術レベルをもって実施しなければ、トレーニング効果を獲得することが難しくなることを指摘している。つまり、伸張-短縮サイクルの弾性効果といった身体的な機能向上を獲得するためには、エクササイズのやり方、つまりプライオメトリクスの運動技術を身につけるための運動学習が必要ということである。

技術的に難易度が低いとされるエクササイズとして、「リバウンドジャンプ」が挙げられる。しかし、藤林ら(2013)は、記録水準の高い男子跳躍選手にとっては、リバウンドジャンプ能力は競技パフォーマンスを評価する指標とはなりにくいことを指摘し

* 富山大学大学院人間発達科学研究科

** 富山大学大学院教育学研究科(平成20年度修了)

ている。その原因として、リバウンドジャンプはパフォーマンスの重要な構成要素ではあるものの、記録水準の高い競技者にとっては、より下位に位置する基礎的な構成要因である可能性を挙げている。その一方では、技術的に難易度が高いとされる水平移動を伴う片脚交互のバウンディング能力と競技パフォーマンスとの間には相関関係が認められている。したがって、技術的に難易度が高いとされるバウンディング運動の技能習得は、多くのスポーツ種目の競技力を向上させるために重要な課題となる。

現在のところ、バウンディング運動に関する研究は、陸上競技の短距離種目や跳躍種目などのある種目に特化した競技パフォーマンスとバウンディング能力の関係を調査し、トレーニング手段としての有効性を唱えたもの（森長，2010，米津，2007）や、選手の競技的状态の程度を把握するためのコントロールテストとしての有用性を唱えたもの（青木，2007，木越，2001）は存在する。しかしながら、バウンディング運動の動作的特徴やその改善に向けた研究は少ない。よって、バウンディング運動の動作特徴を解明し、その指導方法に関する知見を提示することは有益である。

そこで本研究では、「立ち五段跳」をバウンディング運動の試技として採用し、下肢動作だけでなく、これまであまり言及されていない上肢や体幹の動作についても検証する。技術的に難易度が高いとされるバウンディング運動の動作特徴を明らかにし、それを指導する際の知見を提示することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、大学の陸上競技部に所属する男子10名〔短距離6名，長距離2名，跳躍（走幅跳）2名〕であり、年齢は 20.80 ± 1.40 歳，身長は 1.70 ± 0.04 m，体重は 60.85 ± 5.53 kgであった。すべての対象者は、専門種目の経験を5年以上有しているが、長距離の2名については、実験試技である立ち五段跳の経験は少なかった。また、対象者のうち1名は2013年日本陸上競技選手権大会において走幅跳で1位の成績を有する者であり、残りの9名は地域大会出場レベルであった。事前に本研究の目的や危険性を十分に説明し、危険と感じた場合は測定を中止することができる条件下での参加の同意を得た。

2. 実験試技

対象者には、両足をそろえた状態で踏み切った後、片脚交互で4回ステップを踏み、5回目に両足で着地する立ち五段跳を行わせた。試技では、できるだけ跳躍距離を伸ばすように指示した。十分なウォーミングアップを行わせた後、事前に試技練習を2本行わせた。

3. 動作の撮影および分析方法

動作撮影は、ハイスピードカメラ（EXILIM EX-F1, Casio 社製，240fps）を使用した。動作分析の対象範囲は、小林ら（1999）を参考に、立ち五段跳の総跳躍距離と最も結びつきが強いとされる2歩目接地から3歩目接地とした。その分析対象の範囲を含めた前後の動作を、右斜め前方と左斜め前方の2か所から2台のカメラを同期して撮影した。撮影した画像をコンピューターに取り込み、動作解析ソフト（Frame-DIAS IV, DKH 社製）を用いて、毎秒240フレームで身体部分点23点（左右の手先，手首，肘，肩峰，つま先，母子球，踵，外果，腓骨頭，大転子，耳珠点と頭頂，胸骨上縁）および42点の校正マークの3次元座標値を読み取った。平滑化を考慮し、2歩目接地10コマ前から3歩目接地後10コマの範囲でデジタイズをおこなった。画像から読み取った身体各部の座標は校正マークをもとに3次元DLT法に基づき実長換算した。その後、分析点の座標値ごとに最適遮断周波数をWells and Winter（1980）の方法で決定し、Low-pass Filterを用いて3~10Hzの範囲で平滑化した。本研究では、この3次元座標値により分析を行った。

4. 算出項目

1). 身体重心位置

阿江（1996）らの身体部分係数を用いて身体重心位置を算出した。2歩目を接地した瞬間から離地する直前までの時間を「接地時間」と定義した。2歩目を離地して空中に飛び出す瞬間の身体重心速度について、水平速度，鉛直速度，その合成速度を算出した。また、2歩目を離地してから3歩目が接地するまでの滞空局面において、身体重心が水平方向へと移動した距離を「跳躍距離」と定義した（図1）。

2). 角度等の定義（図1，図2）

脚角度：2歩目支持脚側の大転子と外果を結ぶ線分と，大転子から下した垂線がなす角度

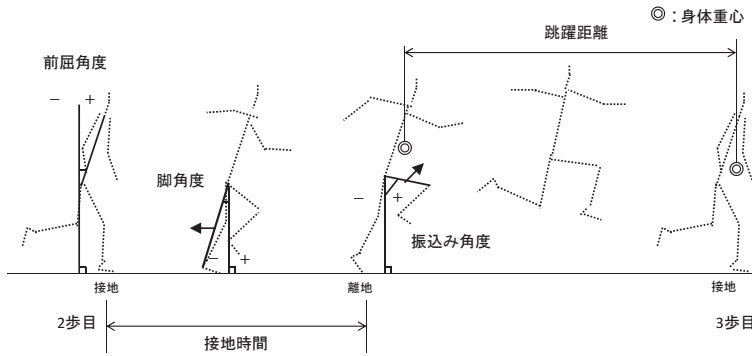


図1 分析項目に関する定義

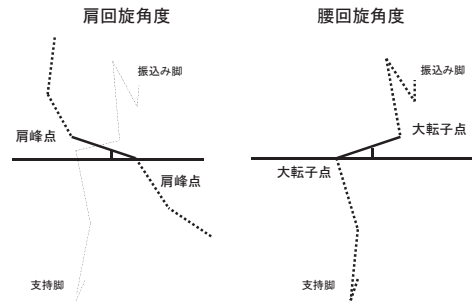


図2 回旋運動に関する定義

- 脚スイング速度：脚角度の角速度
- 振込み脚：2歩目支持脚の逆側の脚
- 振込み角度：振込み脚側の大転子と腓骨頭を結ぶ線分と、大転子から下した垂線がなす角度
- 振込み速度：接地瞬間から離地瞬間まで（接地期）の振込み角度の平均角速度
- 前屈角度：左右大転子の中点と胸骨上縁を結ぶ線分と、左右大転子中点からの鉛直線がなす角度
- 肩回旋角度：左右両肩峰点を結ぶ線分と、進行方向に対して直行する線がなす角度
- 腰回旋角度：左右両大転子点を結ぶ線分と、進行方向に対して直行する線がなす角度

5. 統計処理

統計ソフト（SPSS Statistics 19.0, SPSS 社製）を使用し、分析項目間における関係は、Pearsonの相関係数を用いた。また、設定した測定条件による差を検定するためには、対応のあるt検定を用いた。どちらも有意水準は5%未満とした。

III. 結果 と 考察

1. 立ち五段跳の動作特徴

図3は、離地瞬間における身体重心速度と跳躍距離との関係を示したものである。いずれの速度成分についても跳躍距離との間に有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.01$)。水平速度、および鉛直速度と、跳躍距離との関係性の強さを検証するために、各項目間における決定係数を比較した。その結果、水平速度が $R^2 = 0.73$ だったのに対し、鉛直速度が $R^2 = 0.89$ と大きい値を示した (図3)。よって、水平移動距離の獲得を目指した立ち五段跳であっても、跳躍距離の差を決定する要因として鉛直速度が重要であることが分かった。これに関して、木越ら

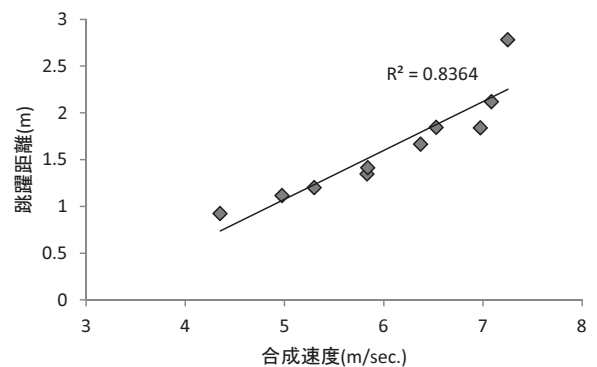
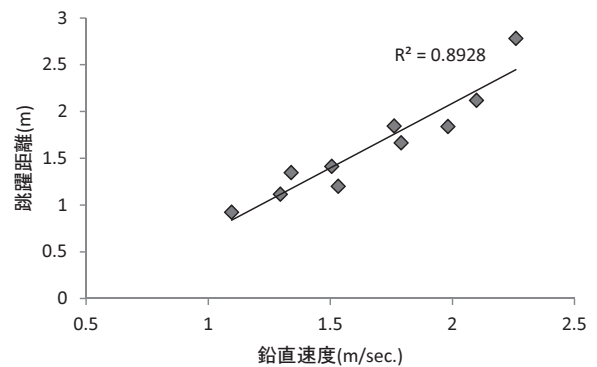
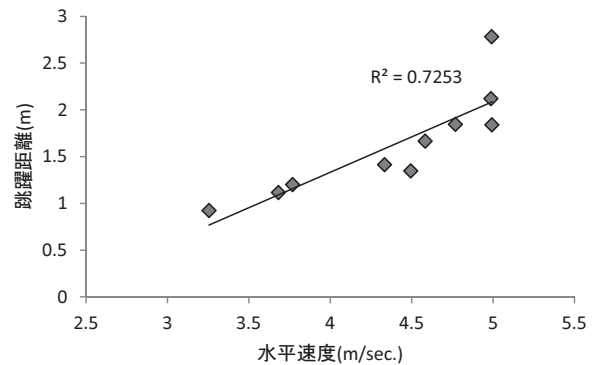


図3 身体重心速度と跳躍距離との関係

(2012) の報告においても、跳躍距離を伸ばすことを強調した助走付き五段跳で獲得できる能力として、最大疾走局面（水平方向へのすばい身体移動が必要とされる条件下）で必要とされる鉛直方向への力発揮能力が挙げられている。そこで、立ち五段跳の

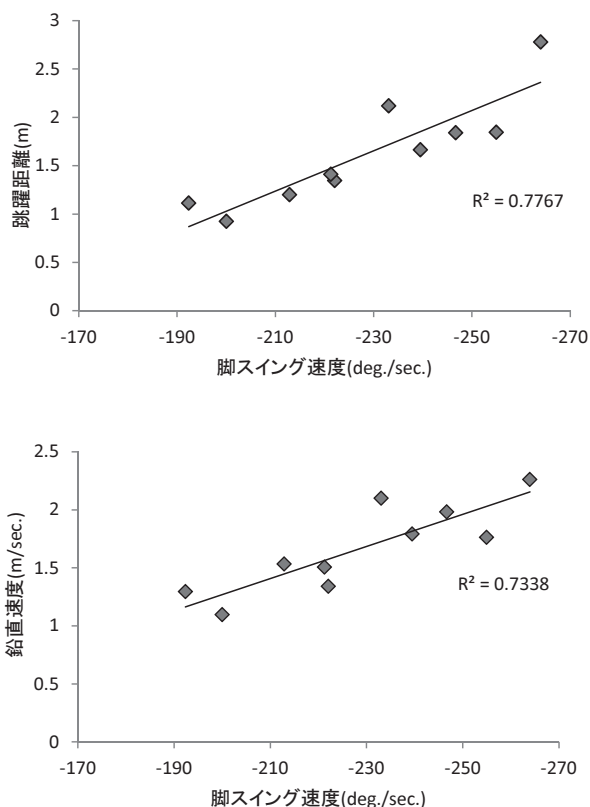


図4 脚スイング速度と跳躍距離、および鉛直速度との関係

ように水平方向への身体移動が要求される運動様式であっても、鉛直方向への力発揮を可能にする運動構造として「起こし回転」の利用が考えられる。「起こし回転」とは、空中での並進運動中の身体の一部（踏切足）が接地することで急激な停止が起き、踏切足を支点とした身体全体の前方回転運動が身体の前部速度を生み出すといった運動構造を表している（村木，1988）。接地位置を支点とした逆振り子モデルをイメージすると、踏切局面における脚スイング速度は、起こし回転の速度をあらわす指標としても捉えることができるであろう。そこで、脚スイング速度と跳躍距離、および鉛直速度との関係を検証した。その結果、両項目との間に有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$) (図4)。疾走運動の研究における脚スイング速度は、膝関節や足関節の屈曲伸展動作を抑えることで、股関節伸展速度を推進方向の速度へと効率よく変換できたかを評価する指標として用いられる（伊藤，1998）。跳躍運動の踏切においても、下肢の各関節に関与する筋群のエキセントリックな筋力や体幹の支持筋群が弱い場合には、空中からの身体落下に伴う衝撃に耐えきれず、接地時において屈曲動作、いわゆる「つぶれ」が生じる可能性が高い。それにより起こし回転を効率よく

遂行できなくなる。さらには、地面からの反作用として返ってくるエネルギーをも緩衝してしまう。以上のことから、立ち五段跳での跳躍距離を獲得するには、水平速度のみならず、起こし回転を利用した適度な鉛直速度を確保すること、つまり、鉛直方向への力発揮を運動感覚の中に強調する必要性が推察された。

次に、接地時間と跳躍距離との間に有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$) (図5)。この結果は、短い時間での高い出力発揮が要求されるプライオメトリクスのねらいを本実験の試技は反映していたことを示している。逆の例を挙げれば、接地時間が長い者ほど跳躍距離を獲得できていなかったとも捉えることができる。図子(2012)は、高い運動エネルギーに抗する踏切は、必然的に瞬時に終了してしまい、踏切時間（ここでは接地時間）を長くし、動作範囲を大きくして力積を獲得することはできず、接地時間が長くなるということは「つぶれ」が生じていることを示すと述べている。そこで、接地時間と「つぶれ」の関係を確認するために、接地時間と脚スイング速度との関係を検討した。その結果、両項目間に、有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.01$) (図5)。以上のことから勘案すると、踏切局面において、下肢関節が屈曲位に変位するといっ

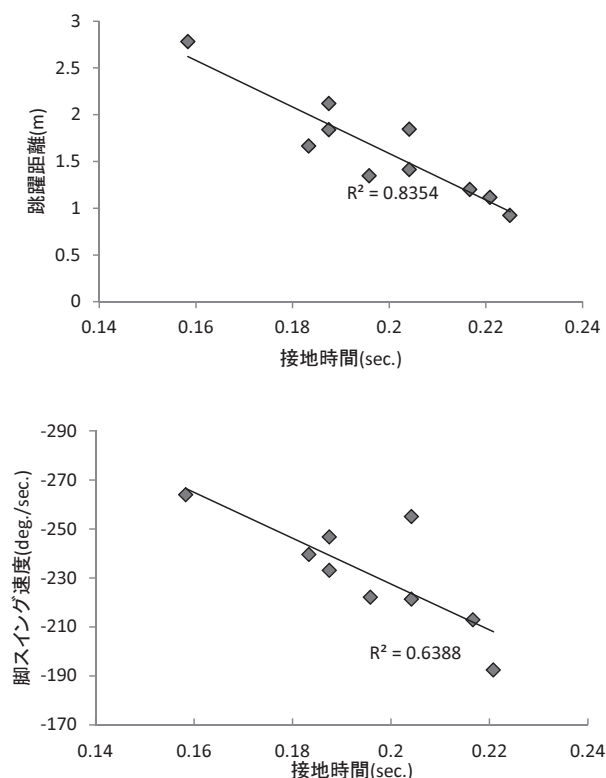


図5 接地時間と跳躍距離、および脚スイング速度との関係

た「つぶれ」が起こり、股関節の伸展運動を効率よく脚スイング速度に変換できなかった者は、接地時間を長くしながら踏切りを行っていた可能性が考えられた。図子が述べるように、プライオメトリクスは短時間で出力するといった時間的な要素が前提条件となることから、「つぶれ」により下肢関節の屈曲が大きくなり、その後の伸展運動によりパフォーマンスを発揮しようとして接地時間が長くなる未習熟なレベルの選手には、過度に水平距離を求めさせず、接地時間の短さを優先した技術性の低いエクササイズを提供するなどして、本来のプライオメトリクスのねらいを達成させるように注意を払う必要がある。

次に、離地瞬間における肩回旋角度、および腰回旋角度と跳躍距離との関係を検討した。その結果、腰回旋角度と跳躍距離との間にのみ有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.05$) (図 6)。これは、腰の回旋が大きい者、つまり、離地瞬間において遊脚側の大転子がより前方に位置していた者ほど跳躍距離を獲得できていなかったことを示している。本研究の試技は、できるだけ水平方向への移動距離を伸ばすことを強調した課題であった。水平方向への移動距離を獲得するためには、地面に対してできるだけ大きな力を作用させ、その地面からの反作用として返ってくる力を効率よく身体で受けとめ、物体としての身体が水平方向へと跳ばされていく、その一連の流れの中で伸張-短縮サイクルを利用した筋腱複合体の機能を利用し、より長い跳躍距離を獲得していくことが重要となる。しかし、跳躍距離を獲得できなかった者の中には、伸張-短縮サイクルを利用した運動が不得手なこともあり、「水平方向への移動距離=歩幅(ストライド)」といった考えにあった者がいたと仮説を立てた。そこで、腰回旋角度と接地時間との関係を検証した。その結果、接地時間と腰回旋角度との間に有意な正の相関が認められた ($p < 0.01$) (図 7)。つまり、接地時間が長い者、すなわち伸張-短縮サイクルを利用した運動が不得手な者ほど腰回旋角度が大きいという結果であった。この仮説は推測の域を脱しないが、接地時間を長くしながら、できるだけ遊脚を前方に位置させようと努力することで「歩幅」を稼ごうとした可能性が推察された。よって初心者へは、接地時間を長くしながら、できるだけ「歩幅」を稼ごうとしても跳躍距離は獲得できないことを理解させ、プライオメトリ

クスの目的を十分に説明することが必要である。

次に、遊脚である振込み脚の動作に注目する。振込み速度と跳躍距離との間に有意な正の相関関係が認められた ($p < 0.01$) (図 8)。遊脚の振込みが身体重心の移動へもたらす役割を明らかにするために、水平速度と鉛直速度との決定係数を比較した。その結果、鉛直速度との関係が $R^2 = 0.53$ だったのに対し、水平速度が $R^2 = 0.81$ と大きい値を示した (図 8)。よって、立ち五段跳における遊脚のすばやい振込みは、水平方向への推進力を生み出すことへの貢献が高いと考えられた。よって、「跳躍距離を伸ばす」といった観点からは、遊脚側のすばやい振込み動作を意識させることが有効であると考えられた。しかし今回、

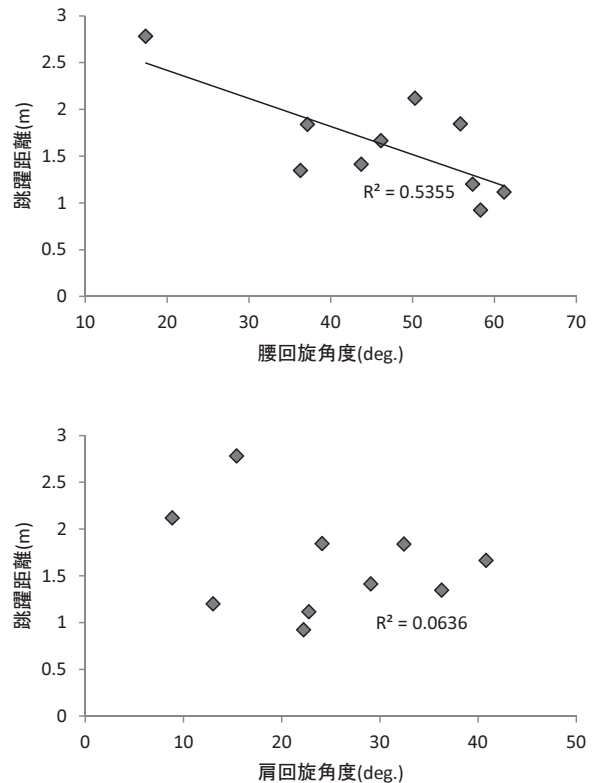


図 6 回旋運動に関する項目と跳躍距離との関係

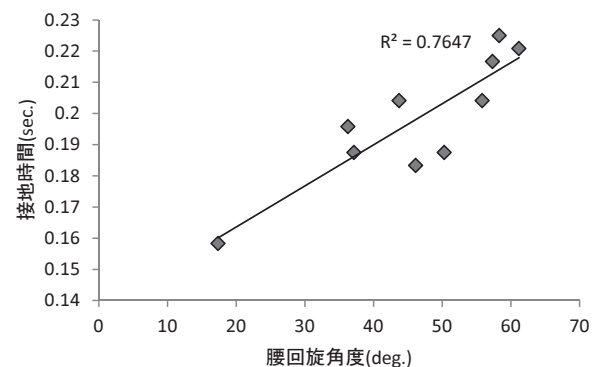


図 7 腰回旋角度と接地時間との関係

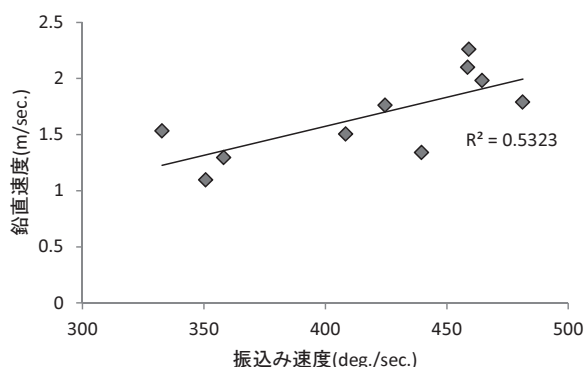
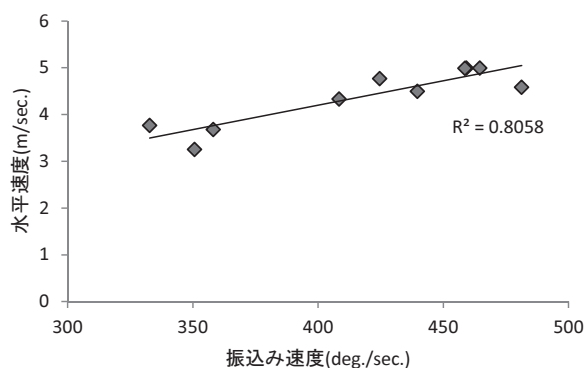
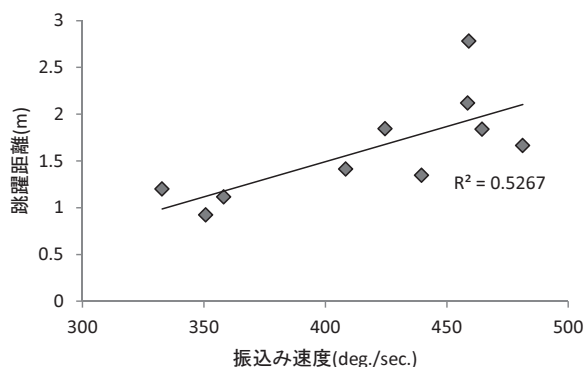


図8 振込み速度と跳躍距離、および身体速度との関係

支持している踏切脚に対して遊脚からどのような力学的なエネルギーの流れが発生したか明らかにできていない。さらに、走幅跳では、踏切時の振込脚（リードレッグ）の役割として、助走で得た水平方向へのエネルギーを鉛直方向へと変換させることが挙げられている（Tom Ecker, 1999）。よって、今回の結果は、走幅跳の踏切りとは異なる、立ち五段跳の特徴的な遊脚の役割であったことが考えられる。今後、踏切脚と振込み脚との挟み込み（シザース動作）のタイミングを含め、より詳細に振込み脚の役割を解明することが必要である。また、踏切脚の腱の伸縮により筋の出力特性を効果的に使うといった「プライオメトリクスによる筋-腱機能の向上」といった観点に立った場合、遊脚側の効果的な動作

の出現により、踏切脚側への負荷が軽減され、エクササイズが十分でなくなる可能性も推察される。よって熟練者には、競技水準の高い選手を対象とした藤林（2013）の報告で実施された試技などを参考に、高さのある台などを用意し、台上から跳び下り、短時間の接地で水平方向へ弾むような跳躍を課題として課すことで、落下のエネルギーを利用したより高い負荷を与えた対策を考慮する必要がある。

2. 熟練者の動作特徴

本研究の対象者の中には、2013年シーズンの日本選手権において走幅跳で優勝し、東アジア大会にて銅メダルを獲得した者が含まれていた。よって、この対象者 A を競技水準の高い動作モデルとし、接地期における上半身と下半身の回旋運動に関する特徴を検証した。対象者 A を除く、残り 9 名を跳躍距離が長かった者から順に 3 名ずつに分け、上位から I 群、II 群、III 群とした。

図 9 は、接地時間を 100% として時間規格化し、肩回旋角度、腰回旋角度の推移を示したものである。右脚が接地した場面为例にとると、接地した直後は右腰と左肩が前方に位置する姿勢となる。これが離地へ向けて次第に左腰が前方へ、右肩が前方へと移動し、上半身と下半身が捻られていく。この捻り動作が進む中で、腰回旋角度と肩回旋角度が一致する瞬間があり、これを上半身と下半身の「切り返し」とした。すなわち、図で示した 2 本の線が交わる位置は、肩回旋角度と腰回旋角度が一致した時のその角度と「切り返し」が出現したタイミングを示している。

対象者 A は、接地期 70% 付近において切り返しのタイミングを迎えていた。それに対し他の 3 群は、接地期 50% 付近で切り返しのタイミングが出現していた。さらに、肩と腰の回旋動作の範囲（大きさ）に着目すると、対象者 A の動作範囲が最も小さく、下位群になるにしたがって大きくなる傾向を示した。以上のことから、熟練者は接地期において、上半身と下半身の動作範囲をコンパクトにまとめながら、接地期の後半、つまり離地する直前まで動きのためを作って、離地へ向けてすばやく上半身と下半身の切り返しを行っていたと考えられた。

3. 立ち五段跳における腕振りの役割

上肢を固定した条件下での立ち五段跳 (Fixed)

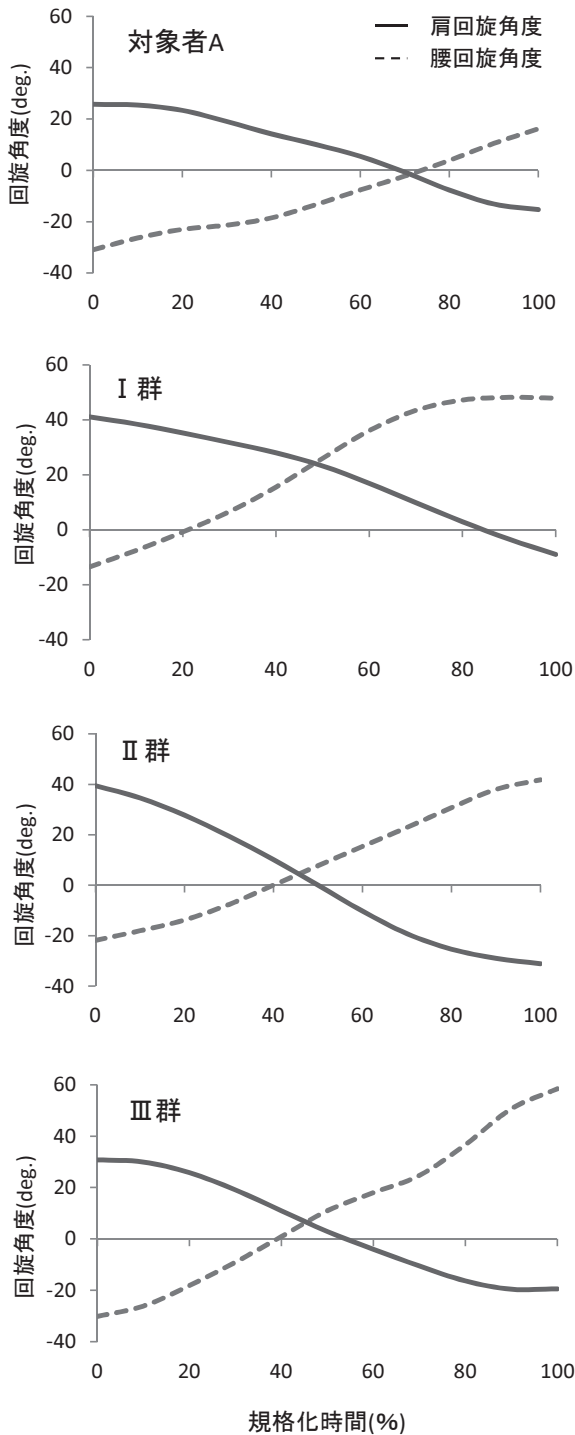


図9 接地期における回旋運動の推移

と通常の立ち五段跳を比較・検討することで、立ち五段跳における腕振りの役割について明らかにした。上肢の固定方法は、前田・三木(2010)を参考に、長さ180cm、外径25mmのスチール製のパイプを使用し、そのパイプを胴体背面および両腕で固定した。パイプの質量は、重さによるパフォーマンスへの影響を与えないほどの軽量なものであった。通常試技と同日に実施し、事前にFixed試技の練習を2本行わせた。

表1 上肢固定(Fixed)試技と通常試技の差の検定

分析項目	平均(標準偏差)		差の検定
	通常	Fixed	
跳躍距離 (m)	11.33 (2.24)	9.81 (1.76)	** 通>F
合成速度 (m/sec.)	6.05 (0.97)	5.54 (0.69)	** 通>F
水平速度 (m/sec.)	4.39 (0.62)	4.00 (0.45)	** 通>F
鉛直速度 (m/sec.)	1.67 (0.38)	1.53 (0.32)	n.s.
接地時間 (sec.)	0.20 (0.02)	0.21 (0.02)	** 通>F
脚スイング速度 (deg./sec.)	228.69 (23.29)	214.28 (27.81)	* 通>F
振込み速度 (deg./sec.)	417.76 (53.22)	379.07 (51.76)	* 通>F
前屈角度 (deg.)	31.76 (4.65)	36.30 (6.67)	** 通>F

** : p<0.01 * : p<0.05 n.s. : not significant

表1は、Fixed試技と通常試技の各項目における平均値の差を表している。Fixed試技の跳躍距離は有意に低下した(p<0.05)。原ら(2006)は、垂直跳における腕振りの効果について、足関節や股関節の仕事量、特に股関節伸展トルクを増大させると報告している。この報告とは跳躍方向の違いがあるものの、Fixed試技は、上肢を固定したことにより振込み動作が制限され、試技中における下肢関節の仕事量が減少し、跳躍距離が低下したと考えられた。よって、股関節伸展運動の動作スピードに影響を受ける脚スイング速度についても、Fixed試技において有意に低下していた(p<0.05)。それに伴い、当然ながら接地時間も有意に増加していた(p<0.05)。よって、短時間での高出力を課題目標とするプライオメトリクスとしては、Fixed試技をトレーニング手段として採用することは望まれないと思われる。

次に、腕振りが身体重心速度へ及ぼす影響を検証した。Fixed試技の水平速度は有意に低下した(p<0.05)ものの、鉛直速度には統計的に有意な低下は認められなかった。よって、腕振りは、水平方向への推進力を発生させることへの貢献が大きいと考えられた。前述したように、通常の立ち五段跳において、水平方向への推進力に貢献していた動作要因として、遊脚の振込み動作の役割が挙げられる。そこで、腕振りが遊脚動作へ及ぼす影響を検証した。

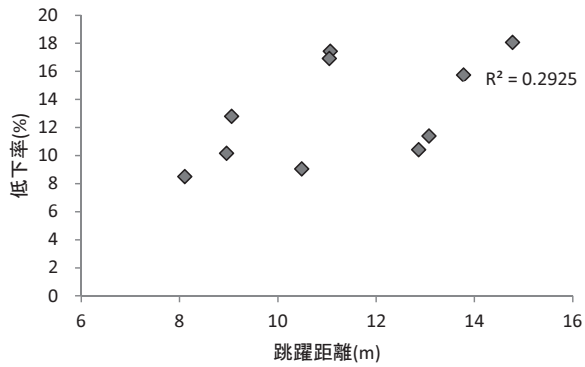


図10 技能習得レベルと跳躍距離低下率の関係

その結果、Fixed 試技における遊脚の振込み速度は有意に低下していた ($p < 0.05$)。以上のことから、腕振りは、遊脚の積極的な振込みを先導し、より水平方向への推進力を増加させることに貢献している可能性が示唆された。

Fixed 試技において、体幹の前屈角度が有意に増加していた ($p < 0.05$)。走幅跳に関する報告では、空中局面で振込み脚側の肩関節を後方へと伸展し、腕全体の後方回転を生み出すことによって、起こし回転で発生した前方回転のエネルギーを打ち消し、身体全体が前のめりにならないように運動をコントロールしていることが述べられている (Tom Ecker, 1999)。このことから勘案すれば、Fixed 試技では、立ち五段跳で生じた前方回転のエネルギーを打ち消すことができず、接地期においても前のめりの姿勢になったと推察される。よって、立ち五段跳においても同様に、腕振りは、空中局面で前方回転のエネルギーを打ち消し、安定した姿勢で接地を迎えるために機能していたと推察される。

次に、立ち五段跳の技能習得レベルによって腕振りの貢献度に差があるかを検証するために、Fixed 試技による跳躍距離の低下率を「 $100 - \text{Fixed 試技跳躍距離} / \text{通常試技跳躍距離} \times 100$ 」の計算式で算出した。その低下率と通常の立ち五段跳の跳躍距離との関係を検討した。その結果、有意な相関関係は認められなかった (図10)。よって、立ち五段跳の技能の習熟レベルによって腕振りの貢献度に差があるということはない。

IV. 要 約

本研究の目的は、立ち五段跳の動作特徴を明らかにし、それを指導する際に必要となる知見を得るこ

とであった。陸上競技を専門とする男子大学選手10名を対象にし、通常の立ち五段跳と上肢を固定した条件下での立ち五段跳を実施させた。立ち五段跳の2歩目接地から3歩目接地までを分析対象とし、踏切動作、身体重心速度、接地時間、跳躍距離を計測した。以下にその結果を示す。

- 跳躍距離を規定する因子として鉛直速度成分が挙げられた。
- 接地時間と跳躍距離との間に有意な負の相関関係が認められた。
- 腰回旋角度と跳躍距離との間に有意な負の相関関係が認められた。
- 振込み速度と跳躍距離との間に有意な正の相関関係が認められ、その振込み速度は、水平速度との結びつきが強かった。
- 熟練者は、より離地直前のタイミングで肩と腰の回旋の切り返しを行っていた。
- 接地期の肩と腰の回旋動作範囲は、熟練者が最も小さく、未熟練者ほど大きくなる傾向を示した。
- 上肢を固定した試技は、跳躍距離、身体重心速度、脚スイング速度、振込み速度を低下させ、接地時間、体幹の前屈角度を増加させた。

以上の結果を踏まえ、立ち五段跳の指導への示唆が得られた。

- 水平移動距離の獲得を目指した立ち五段跳であっても、鉛直方向への力発揮が必要である。
- 「つぶれ」により下肢関節の屈曲伸展運動への依存が高く、接地時間が長くなる未習熟レベルの選手には、過度に距離を求めさせず、接地時間の短さを優先したエクササイズを提供する。
- 未習熟レベルの選手には、接地時間を長くしながら、できるだけ「歩幅」を稼ごうとしても跳躍距離は獲得できないことを理解させ、プライオメトリクスの目的を確認させる。
- 遊脚側のすばやい振込み動作を強調させることで推進方向へのエネルギーが生み出される
- 接地期においては、上半身と下半身の動作範囲をコンパクトにまとめながら、離地する直前まで動きのためを作って、離地へ向けてすばやく上半身と下半身の切り返しを行う。
- 腕振りは、遊脚の積極的な振込みを先導し、より

推進方向への力を増加させる。

- 腕振りは、空中で前方回転のエネルギーを打ち消し、安定した接地を迎えるために機能する。

V. 参考文献

- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. J.J.S.S., 15 (3) : 155-162.
- 青木和浩, 河村剛光, 越川一紀, 吉 儀宏 (2007) 大学跳躍選手におけるバウンディング能力と体力の関係およびその性差. 陸上競技研究, 71 : 10-15.
- 伊藤 章, 市川博啓, 斉藤昌之, 佐川和則, 伊藤道郎, 小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度の関係. 体育学研究, 43 : 260-273.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. Human Loco., 1 : 92-93.
- 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五段跳および立十段跳の有効性. 陸上競技研究, 47 : 13-17.
- 木越清信, 磯部 慶, 加藤彰浩 (2012) 特徴の異なるバウンディング運動における力およびパワー発揮の特異性. 陸上競技学会誌, 10 : 1-10.
- 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 : 4-40.
- Komi PV (1992) Stretch-shortening cycle. In : Komi PV Ed, Strength and Power in Sport, Blackwell Science : 169-179.
- 図子浩二 (2012) プライオメトリクス. 体育の科学, 62 (1) : 44-50.
- 原 樹子, 深代千之 (2006) 垂直跳における下肢反動と腕振りの効果. 体育の科学, 56 : 168-173.
- 深代千之 (2012) ダイナミックなスポーツ動作を支える反動動作. 体育の科学, 62 (1) : 2-9.
- 藤林献明, 荻山 靖, 木野村嘉則, 図子浩二 (2013) 水平片脚跳躍を用いたバリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力と各種跳躍パフォーマンスとの関係. 体育学研究, 58 : 61-76.
- 前田正登, 三木健嗣 (2010) スプリント走における腕振りの役割. 陸上競技研究, 80 : 13-19.
- 村木征人, 日本陸上競技連盟 (1988) 陸上競技指導教本-種目別実技編-三段跳. 大修館書店 : 東京
- 森長正樹, 鬼澤範子, 澤野大地, 本道慎吾 (2010) バウンディングとスピードバウンディングの跳躍動作の相違に関する研究. 陸上競技研究, 82 : 20-25.
- TomEcker (1999) 基礎からの陸上競技バイオメカニクス. ベースボールマガジン社 : 東京
- 米津 毎, 青木和浩, 佐久間和彦, 越川一紀, 金子今朝秋 (2007) 大学男子短距離者におけるスプリントバウンディング及びバウンディング運動のトレーニング効果について. 陸上競技研究, 69 : 22-29.

(2013年10月21日受付)

(2013年12月11日受理)