

V 水平跳躍（走幅跳）におけるトウ・トレーニング法の 実験的研究

村木 征人, 宮下 憲, 阿江 通良, 伊藤 信之, 森田 正利

1. 緒 言

本研究の目的は、スプリント・アシスティッド・トレーニング法に関する研究の一貫として、一般に、スプリント能力と密接に関連し、助走スピードと跳躍記録とに高度な相関関係が認められる走幅跳での利用の可能性を検討することにある。

筆者らのこれまでの専門的コーチングの実践経験、本プロジェクト研究でのスプリントに関するトウ・トレーニングの実験的研究および文献研究を通じて、スプリント・スピード能力発達のためのトレーニングには以下の特徴が明らかである^{2),3),7),8),9),11)}。

第1は、筋力および持久力の発達を目的としたトレーニングに比べ、より神経系の機能的改善に依存する傾向にあること。第2に、それらは疾走フォームの改善や緊張の汎化防止、若しくは筋肉間調整能の発達、等々の機能的改善であること。第3に、長期のトレーニング適応過程より、むしろ3週間以内でのより短期の適応過程であること。そして第4に、これらの適応過程の特徴は、一般性・連続性にあるより、むしろ非連続性・個別性にある様に思われる。

国内はもとより世界のトップジャンパーたちは、その専門種目はさることながら、スプリント種目においてもすばらしい能力を兼ね備えている⁷⁾。しかし、逆にこの高い助走速度故に、踏切足の接地から離地という極めて短時間の内に効果的な踏切動作を行なうことは、非常に困難で複雑な作業でもある。このような複雑な動きを意識する余り、リラックスして行なうべき動作を逆に身構えてしまうことから、全身の緊張を高め(緊張の汎化)、より有効な踏切動作が行なえないということは走巾跳の初心者に限らず、多くの選手たちが共有する

問題である⁸⁾。こうした緊張の汎化が生じる他の要因には、スプリント同様、より高い助走速度を得ようとしての気負いー助走後半に発生し易い過剰努力であることが経験的に知られている^{8),9)}。

これらのマイナス要因を除去した走幅跳の専門的トレーニング手段としては、これまで一般に、数段階に短縮した助走での跳躍練習が用いられてきた^{8),10),12)}。しかしながら、これらのトレーニング方法には、以下の問題点が指摘される。(1)全助走跳躍では強度が高く、習熟度を高めるに十分な反復回数が期待できない。(2)全助走跳躍では、前述の様な技術的阻害要因が発生し易い。(3)短縮助走跳躍では逆に、助走距離との関係から十分な助走速度の確保が困難となり、その結果、目指すべき全助走スピード・レベルでは役に立たない、膝の屈伸が強調されたピストン型の踏切動作に依存し易い点である。

これら従来のトレーニング法が抱える問題点に対して、トウイング・マシンの利用の有用性には以下の理由が考えられる。

第1に、最大もしくは超最大スピードの達成が最大下の努力度合でも実現でき、このハイ・スピードでの余裕が、踏切技術の修得・改善に適した踏切局面での運動制御状態を可能にするであろう。

第2に、容易に超最大スピードでの踏切動作を体験することで、より高いレベルでの神経・筋コーディネーションの改善を促進し得るであろう。

しかしながら、このようなトウイング・マシンを利用したトレーニング法は、跳躍に関してほとんど研究されていないのが現状である。従って、本研究では走巾跳におけるトウ・トレーニングの有効性について、主に kinematic な観点から検討すると共に、新しいトレーニング方法に関する基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 研究方法

2. 1 実験方法

1) 被験者

被験者は、大学一大学院段階の男子跳躍選手計13名で、いずれも走巾跳を専門種目として長期に渡って計画的なトレーニングを行っているものである。表1には、これら被験者のプロフィールを示した。

2) 実験試技

実験は、異なる期日に実施した2つの実験で構成された。実験Ⅰはパイロット・スタディー的性格を持たせ、トウイング(牽引)法を用いる際の適正助走距離(歩数)の検討をマクロ的に行い。次いで、実験Ⅱでは、実験Ⅰで吟味されたトウイング助走からの跳躍を選択的にを行い、踏切準備局面から踏切局面にかけてより細部の動作的吟味を行った。

また、双方の実験で扱った共通試技と計測項目は、分析に際して適時併合して扱うことにした。

【実験Ⅰ】

実験Ⅰでは、先ず経験的に選択された10歩、12

歩、14歩の短縮助走、および全助走(18-20歩)での通常および牽引による跳躍試技を用い、相互の運動特徴—主に、助走速度、ストライド、ピッチ、跳躍距離、および主観的強度を比較検討し、トウイング助走による即時効果とトウイングでの適正助走歩数を検討することを目的とした。

上記の実験試技は試技の順位効果を避けるために、被験者7名をA群(4名)B群(3名)に分け、それぞれ以下の異なる試技順で行なった。

A	B	— 跳躍試技の方法 —
1	4	通常の10歩助走跳躍
2	3	通常の12歩助走跳躍
3	2	通常の14歩助走跳躍
4	1	通常の全助走跳躍
5	8	牽引 5 kg—10歩助走跳躍(Tow10)
6	7	牽引 4 kg—12歩助走跳躍(Tow12)
7	6	牽引 4 kg—14歩助走跳躍(Tow14)
8	5	牽引 3 kg—全助走跳躍
9	9	通常の全助走跳躍

表1 被験者特性

氏 名	年齢(y)	身長(m)	体重(kg)	踏切脚	最高記録(m)
実験Ⅰ					
D. K	18	1.75	61.0	L	7.08
H. K	21	1.71	63.0	R	7.01
T. U	21	1.70	64.5	R	7.33
T. K	22	1.74	63.0	L	7.55
K. N	23	1.77	62.0	L	6.91
H. K	19	1.80	67.0	R	7.47
N. S	21	1.77	67.0	R	7.43
平 均	21	1.75	63.9		7.25
S. D	1.6	0.03	2.2		0.23
実験Ⅱ					
N. Y	20	1.82	73.0	L	7.08
F. N	20	1.78	82.0	L	7.06
T. A	21	1.73	58.0	R	6.99
M. K	21	1.68	60.0	R	6.74
T. K	22	1.74	63.0	L	7.55
平 均	21	1.75	67.2		7.08
S. D	0.8	0.05	9.0		0.26

(被験者T. Kは実験Ⅰ、Ⅱとも行った)

実験試技の開始前には試合時と同様に、十分なウォーミングアップを行わせ、また試技間には、十分なインターバル（10－15分）を置いて実施した。

牽引力の操作法は、10歩助走では5kgでの固定。12歩および14歩助走では、助走開始時を5kgに設定してスタートした後、踏切4歩前までに4kgになる様な漸減法を用いた。また全助走でも同様に、助走開始時の5kgから、踏切直前までに3kgへの漸減法を用いた。この目的は、加速時での急速なスピード上昇に対して、機械的な牽引追随性の遅れによる一時的なロープの弛みを防止し、各助走でのピーク・スピードでの牽引張力に対して、相対的に均等な張力となる様に配慮するためである。また、踏切動作から空中での牽引力の影響を避けるために、踏切接地時には牽引力を遮断した。

助走速度の計測は、光電管（JET CORPORATION 社製 JESTER-PRO）ゲートを踏切板前縁の計測ラインから助走路の1m－6m－11mの3地点に地面から1.60mの高さに設置し、プリンターつきタイマー（SEIKO CT-916 SPORTS PRINTER）により、各ゲート間の通過時間及び時間差（1/1000s）を求め、平均速度を算出した。また、踏切前4歩のストライドおよび跳躍距離は実測された。

【実験II】

実験IIでは、実験Iでの吟味を通じて選択されたトウイングによる12歩および14歩助走での跳躍試技を中心に、その前後に通常の全助走跳躍を行わせた。測定内容と方法は実験Iに準じると共に、各試技の踏切準備－踏切局面を高速度ビデオ撮影し（NAC 社製 HSV-400, 200fps）、踏切局面での細部の動作分析を行った。

実験試技は以下の順序に設定した。

- 1 通常の全助走跳躍－Pre 全助走
- 2 牽引12歩助走跳躍（4 kg）
- 3 牽引14歩助走跳躍（4 kg）
- 4 通常の全助走跳躍－Post 全助走

実験試技の開始前には試合時と同様に、十分なウォーミングアップを行わせ、試技間には十分な

インターバル（10－15分）を置いて実施し、成功試技を採用した。牽引力は実験Iと同様な方法で行い、踏切接地時には牽引力を遮断した。

3）牽引装置および牽引方法

双方の実験に用いた牽引装置は、牽引力が所定の大きさに制御可能な等張性牽引装置（ニシ・スポーツ社製 SPEED-MAX）を用い、砂場の後方10m、高さ約3mの地点に設置して牽引を行なった（図1）。

2. 2 分析方法

実験I・IIに共通する助走速度は、踏切の手前に設定した光電管ゲートから得られた5m毎の時間（1/1000s）から、踏切前1－6m（L5）および6－11m（F5）2区間で算出した平均速度を用いた。また、跳躍距離および踏切への助走最後の4歩のストライドは共に実測した。

実験IIで撮影された高速度ビデオ画像（200fps）は、身体上の計測点（23点）の座標を読み取り、画面に写し込んだ較正点（4点）をもとに実長換算した後、デジタルフィルターにて平滑化（10 Hz）した。なお、映像分析の対象区間は、踏切2歩前の接地10コマ前から、踏切離地後10コマまでを扱った。

映像分析で扱った主な測定項目は、ストライド、ピッチ、身体重心の変位、速度、身体各部位および関節角度の変位等の Kinematic データを中心に扱った。

これらの分析項目は試技間での比較を容易にするために、トウイング前後の全助走跳躍を Pre 全

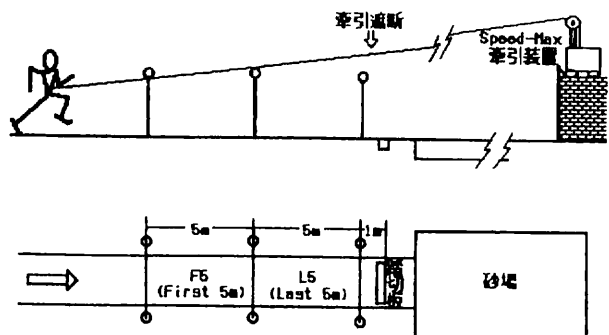


図1 トウイング助走走幅跳の実験設定
上段：トウイング試技状態の側面図
下段：光電管ゲートの設置見取図

助走および Post 全助走と命名し、Pre 全助走に対する各試技の測定項目の差を求めた。これらは一般的傾向を見るために、全被験者の平均値を求め統計学的に検討した。

2. 3 用語の規定

本研究で用いた測定項目および運動局面の区分の用語は以下に規定した。

- (1)踏切局面の区分：踏切における踏切脚の膝関節角度が最小となる時点を踏切中期とし、踏切足の接地時点から踏切中期までを踏切前半、更に離陸時点までを踏切後半とした。
- (2)助走速度：光電管の計測による速度は、踏切前 6－11m 区間のものを F5、踏切手前 1－6m 区間のものを L5 とした。また、踏切接地時の助走速度は、踏切脚接地時の身体重心の水平速度として区別した。
- (3)跳躍速度：踏切足離地時の身体重心の速度。
- (4)ストライド：実測値、若しくは映像分析で得られた支持脚接地時から逆脚接地時までの身体重心の水平移動距離。
- (5)踏込角：踏切接地時の身体重心の速度ベクトルが水平線となす角度。
- (6)踏切角：踏切離地時の身体重心の速度ベクトルが水平線となす角度。
- (7)接地角：踏切接地時の身体重心と足先を結ぶ線分が水平線となす角度。
- (8)離地角：助走でのキック足離地時における身体重心と足先を結ぶ線分が水平線となす角度で、跳躍踏切時での踏切角(6)と同義。
- (9)身体重心高：助走キックおよび踏切での支持足接地－中期－離地時点における身体重心の地面からの鉛直距離（キック中の区分は(1)の踏切局面の区分に準じる）。
- (10)腰関節角度：胸骨上縁と大転子を結ぶ線分および大転子と膝を結ぶ線分がなす角度。
- (12)膝関節角度：大転子と膝を結ぶ線分および膝と果点を結ぶ線分がなす角度。
- (13)足関節角度：膝と果点を結ぶ線分および果点と足先を結ぶ線分がなす角度。
- (14)体幹角度：胸骨上縁と大転子を結ぶ線分が鉛直線となす角度－前傾はマイナス、後傾はプラス

の値。

- (15)大腿角度：膝と大転子を結ぶ線分が鉛直線となす角度。
- (16)下腿角度：膝と果点を結ぶ線分が鉛直線となす角度。
- (17)足角度：踵と足先を結ぶ線分が水平線となす角度－プラス値は踵が足先より上、マイナスは踵が下の状態。
- (18)踏切効率：跳躍距離を踏切足接地時の水平助走速度で除した値。
- (19)主観的強度：試技直後のアンケート調査で解答されたトウイング試技の主観的余裕および恐怖度。通常の Pre 全助走を規準（0）に、最も余裕を感じる場合を＋3、最も恐怖を感じるを－3として解答された主観的強度の指標。
- (20)自己動作分析指標：上記と同様に、普通を0、良いを＋1、悪いを－1として解答された主観的な試技の自己評価指標。

3. 結果および考察

1) 助走での牽引が跳躍距離および助走速度に及ぼす影響

表2は、実験Ⅰ及び2における跳躍距離、踏切効率、光電管データから算出した助走速度(F5, L5)、F5からL5への助走速度増加の変化率(L/F%)の平均値を実験試技ごとに比較したものである。

実験Ⅰでは、通常の短縮助走跳躍では助走歩数の増加とともに跳躍距離も増大し、いずれも全助走跳躍のものを下回っていた。一方、牽引試技では、10歩助走で既に通常の全助走の跳躍距離を上回った。しかし、牽引による短縮助走の中では、12歩助走(Tow12)での跳躍が最も跳躍距離が大きく、14歩助走(Tow14)では助走歩数が増加したにもかかわらず、跳躍距離は Tow12のものより低下した。

助走速度は、通常の短縮助走の各試技がいずれも全助走のものを下回っているのに対して、牽引試技では Tow12でほぼ通常の全助走と同じレベルの助走速度に達し、Tow14以上の試技では全助走のものを上回った。つまり、通常の条件下では出すことのないスピード・レベルでの跳躍を行って

いたことになる。また、F 5 から L 5 への助走速度の変化率（ $L/F\%$ ）について、同じ助走歩数での通常試技と牽引助走でのものを比較すると、後者の増加率が大きくなっており、牽引試技の方が助走のスピード勾配が大きいことが示された。

Tow14で歩数が増えたにもかかわらず跳躍距離が増大しなかったのは、踏切を効率良く行なうための各人の適正速度の限界を越えてしまったのではないかと考えられる。

助走速度は跳躍距離にとって重要な決定要因の1つであり、特に踏切に入る瞬間の速度が問題と

なってくるが⁸⁾、助走速度が記録へ効率よく結びつくかどうかは踏切技術にかかっている。そこで、跳躍距離を踏切足接地時の水平速度で除した値を踏切効率とし、踏切技術の指標として用いた。この踏切効率の値は、助走歩数が増し、それに伴って助走速度が増大すると共に減少する傾向がみられた。つまり、助走速度の増加分よりも跳躍距離の増加分が下回ったことになる。しかし、助走速度が全助走を超えない歩数での牽引試技（Tow10とTow12）では、スピード・レベルが同じ歩数の通常試技よりはるかに高くなっているにも関わら

表 2 跳躍距離及び助走速度の実験試技間の比較

実 験 I

	全助走	10歩	12歩	14歩	Tow-10	Tow-12	Tow-14	Tow全助走	ポスト全助走
跳躍距離	6.77 0.27	6.41 0.28	6.57 0.31	6.68 0.37	6.91 0.32	7.07 0.40	6.93 0.35	6.98 0.32	6.89 0.30
踏切効率	0.73	0.78	0.76	0.75	0.78	0.76	0.72	0.72	0.73
助走速度									
F-5 m	9.19 0.31	7.75 0.46	8.33 0.47	8.70 0.52	8.16 0.50	8.82 0.51	9.22 0.38	9.59 0.29	9.29 0.36
L-5 m	9.29 0.29	8.27 0.39	8.68 0.35	8.91 0.37	8.84 0.41	9.29 0.37	9.60 0.21	9.72 0.26	9.44 0.33
L/F%	1.1%	6.7%	4.2%	2.4%	8.3%	5.3%	4.1%	1.4%	1.6%

実 験 II

	全助走					Tow-12	Tow-14		ポスト全助走
跳躍距離	6.36 0.42					6.55 0.29	6.68 0.24		6.41 0.30
踏切効率	0.70					0.73	0.72		0.71
助走速度									
F-5 m	9.03 0.33					8.62 0.46	8.91 0.47		9.03 0.37
L-5 m	9.03 0.36					8.96 0.37	9.32 0.37		9.03 0.41
L/F%	0.0%					3.9%	4.6%		0.0%

※各2段目の数字は標準偏差

ず、その踏切効率の値は等しかった。このことは、これらの助走歩数での牽引跳躍が、より高い速度レベルでのロスの少ない跳躍練習を実現したことを意味している。個別的にみると、助走速度の低い者ほどトウイングによる踏切効率の増加が大きい傾向にあった。

また、牽引試技後の Post 全助走では跳躍距離、助走速度とも初めの Pre 全助走を上回っており、牽引跳躍を行うことによる即時効果が認められた。

実験試技終了直後の内省調査の結果からは、助走速度が通常全助走のものを超えない12歩以下の牽引試技では余裕を感じ、14歩以上の試技では逆に恐怖を感じていることが明らかとなった。また、Tow12では「余裕があった」、「気持ちよく跳べた」といったコメントが多かったのに対し、Tow14では「ちょっと怖かった」、「すこし力みすぎた」、「流れは良かったが踏切動作ができなかった」といったコメントが聞かれたことから、Tow12の方が心理的な余裕があったことも明らかである。

牽引試技では通常の全助走跳躍に比べ、特に助走局面で疾走動作の自己評価が高く、余裕を持ってより高い助走スピードで踏切に入って行けたことがうかがえる。しかしながら、Tow12以外での踏切局面に関するこれらの値はマイナスとなっていた。

実験IIでは跳躍距離、助走速度とも、実験Iのものを下回っていた(表1)。これは、実験が向い風の条件下で行われたことと、同時にフォース・プレートでの力量測定も併用し、踏切位置が40cmという狭い範囲に限定されたことが影響したもの

と考えられる。

図2は、実験Iおよび実験IIのPre全助走に対する各牽引試技(Tow12とTow14)の助走速度と跳躍距離の変化率を示したものである。両者とも助走速度がTow12で全助走とほぼ同じレベルに達し、Tow14では約3%上回るという点では共通していた。一方、跳躍距離に関しては、実験Iとは逆に、実験IIではTow12よりもTow14の方が上回った。この理由は、向い風条件となった実験IIでのTow14の助走速度は9.32m/sで、Pre全助走の速度を上回っているが、実験IのTow12のもの(9.29m/s)に相当しており、実験IIでのTow14のスピード・レベルが、踏切を効率よく行う適正速度の範囲内におさまっていたことに因るものと考えられる。

実験IIでの主観的強度は、Tow12では-0.7であったが、Tow14では-0.2と実験Iとは逆に恐怖度の減少がみられた。踏切動作の自己評価に関しても、Tow12では-0.6に対し、Tow14では-0.2とマイナス評価が減少した。被験者のコメントでも、Tow12では「緊張した」、「うまくいった」等々で、Tow14では「助走は良いが踏切で詰った」、「かたくなった」、「気持ちよくできた」等々であり、心理的余裕度にもかなり違いがみられた。

総じて牽引試技では、助走に関しての自己評価が上昇していたことから、牽引での負荷軽減によってリラックスした走りが可能となっていたが、踏切局面に関してはかなりの個人差がみられ、個人能力や技術の違いによって牽引の影響も変化することが示唆された。

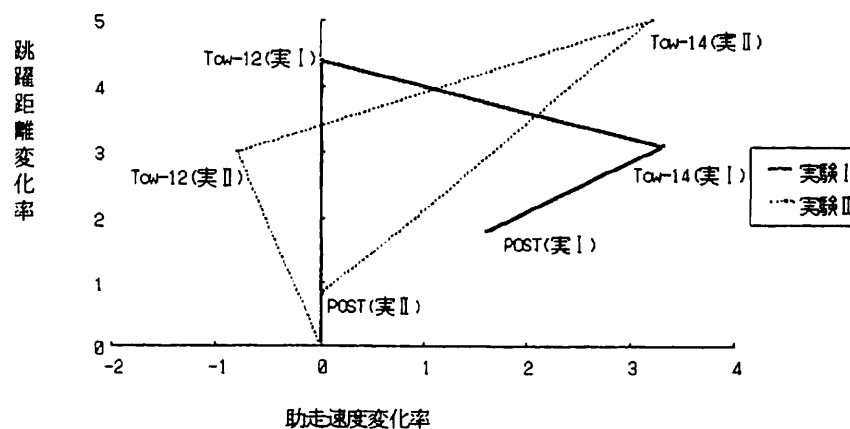


図2 PRE全助走に対する、各試技での飛躍距離及び助走速度の変化率(%)

表3 踏切時の身体重心の速度の実験試技間の比較

	全助走	Tow-12		Tow-14		ポスト全助走	
水平速度							
接地	8.93 0.40	8.96 0.37	0.3%	9.02 0.32	1.0%*	8.84 0.50	-1.0%
中期	7.84 0.38	8.16 0.26	4.1%	8.15 0.32	4.0%	7.95 0.46	1.4%
離地	7.89 0.35	7.66 0.49	-2.9%	7.91 0.64	0.3%	7.55 0.50	-4.3%
鉛直速度							
接地	-0.12 0.11	-0.14 0.16	16.7%	-0.15 0.30	25.0%	-0.02 0.33	-83.3%
中期	2.03 0.19	2.13 0.59	4.9%	2.10 0.34	3.4%	1.96 0.23	-3.4%
離地	2.96 0.32	2.94 0.35	-0.7%	3.01 0.37	1.7%	3.01 0.37	1.7%

※各段目の数字は標準偏差

P<0.05

2) 踏切及び踏切準備動作中の各種力学量に及ぼす影響について

実験Ⅰの結果から、牽引跳躍においては最大若しくは超最大スピードの達成が、最大下の努力度合でも実現できることが確認された。実験Ⅱでは、このハイ・スピード下での余裕が、踏切および踏切準備動作に対してどのような影響を及ぼすかを検討するために、実験Ⅰの試技の中で、跳躍距離が最も大きかった Tow12と、助走速度が全助走を上回った Tow14の2つに絞って更に細部の動作的な違いを検討した。

(1) 水平及び鉛直速度の変化

表3は、各試技毎の踏切時の身体重心の水平および鉛直速度を接地時、踏切中期、離地時ごとに示したものである。また、表中の%値は、全助走に対する Tow12、Tow14および Post 全助走での変化率を示している。

牽引試技では水平・鉛直速度とも、全助走に対する踏切中期での速度が大きかった。

踏切中の身体重心への鉛直方向のスピードを与えるための主要な要素に身体の起こし回転運動が

ある。これは並進運動中の身体長軸の一端(踏切足)の急激な停止によって生じ、主に踏切前半の局面で主役を果たすことが知られており^{1),8)}、牽引によってこの身体の起こし回転が助長されるものと思われる。

また、BOSCO ら³⁾は、一流ジャンパーは踏切前半の水平速度の減少は少なく、踏切中期でより高い鉛直速度を獲得していることを示唆しており、牽引跳躍では Pre 全助走のものに比べ、一流ジャンパーの踏切に近づいたものと言えよう。

ポスト全助走では、離地時の水平速度は減少したが、鉛直速度は増大する傾向にあり、その結果、跳躍距離もわずかながら増大する傾向がみられた。牽引試技では、踏切中の水平速度の減少(離地速度-接地速度)が、Pre 全助走よりも増大した反面、鉛直速度の獲得がより大きくなされていた。Tow12に対して Tow14では、水平速度の減少が少なく、鉛直速度の増大が大きかったことから、Tow14の方がより効率のよい踏切動作がなされていたことを示唆するものである。

(2) 助走最後2歩のストライドとピッチ

表4は、助走の最後2歩のストライドとピッチ

表4 ラスト2歩のストライドとピッチの実験試技間の比較

	全助走	Tow-12		Tow-14		ポスト全助走	
ストライド							
2→1歩前	2.14 0.23	2.08 0.19	-2.8%	2.06 0.20	-3.7%	2.06 0.18	-3.7%
1→踏切歩	1.84 0.17	1.81 0.11	-1.6%	1.80 0.14	-2.2%	1.82 0.12	-1.1%
ピッチ							
2→1歩前	4.32 0.42	4.43 0.24	2.5%	4.55 0.36	5.3%	4.51 0.32	4.4%
1→踏切歩	4.89 0.37	4.95 0.28	1.2%	5.07 0.29	3.7%	4.94 0.28	1.0%

※各2段目の数字は標準偏差

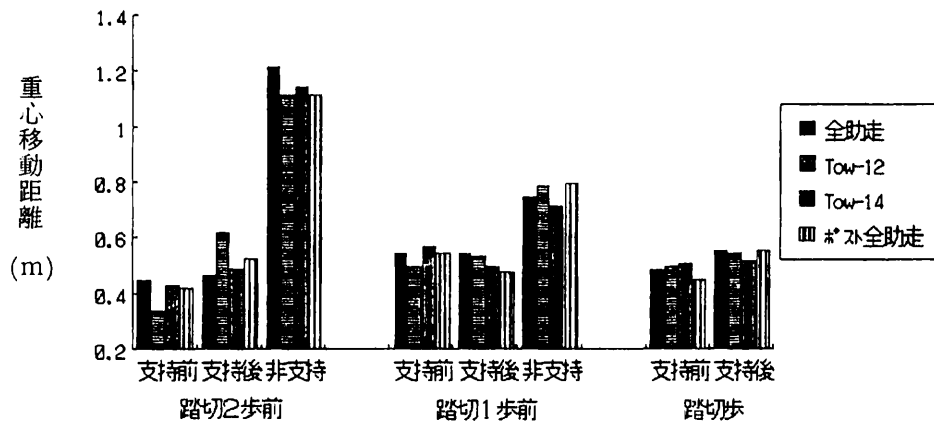


図3 助走ラスト2歩における重心水平移動距離の実験試技間の比較

を実験試技毎に比較したものである。牽引試技では最後2歩のストライドが減少し、ピッチは増大する傾向がみられた。特に、踏切1歩前のストライド及びピッチの変化が大きかった。こうした傾向は、Post 全助走でも見られた。

図3は、ストライドの各局面ごとの身体重心の水平移動距離を示したものである。踏切2歩前において、牽引試技では支持期前半距離が減少し、後半が増大する傾向にあり、特に Tow12で顕著であった。また、2歩前から1歩前の間の非支持距離が減少した。踏切1歩前の支持後半距離は、2歩前とは逆に減少する傾向がみられた。それに続く非支持距離は、Tow12では増大したが、Tow14ではやや減少する傾向がみられた。これらは Tow12に比べ、Tow14では踏切1歩前の後半のキックが

抑えられ、よりすばやく踏切に移行していることを意味している。

牽引試技では、踏切前半距離がやや増大し、支持後半距離は減少する傾向がみられ、特に Tow14に顕著であった。しかし、支持期前半の水平速度の変化を見ても、この局面でブレーキが著しく増大することはない。全助走に比べて速度の減少率が少なかった。この踏切前半は腰、膝、足首といった関節の伸筋群が強制伸張させられる局面であり、牽引跳躍では、より高い負荷がこの局面にかかってくると言える。従って、牽引跳躍はこれらの筋群に対する専門的な筋力トレーニングともなり得ると言えよう。

踏切接地時間が短いことは、走幅跳の跳躍距離と相関が高いことが報告されているが⁴⁾、Post 全助

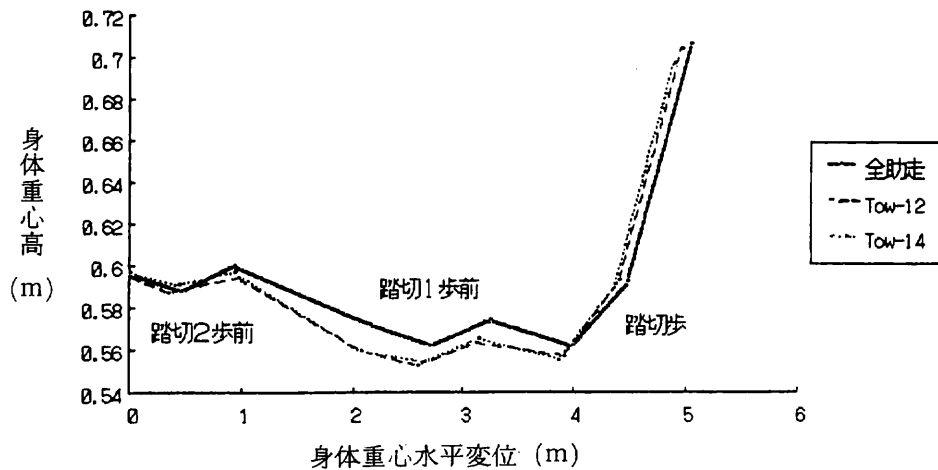


図4 助走ラスト2歩における身体重心の軌跡の実験試技間の比較
(PRE 全助走及び Tow-12, Tow-14)

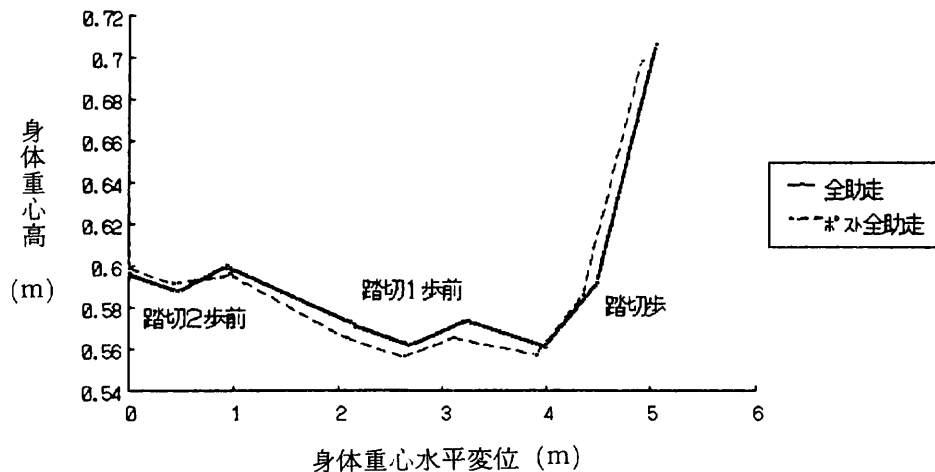


図5 助走ラスト2歩における身体重心の軌跡の実験試技間の比較
(PRE 全助走及び POST 全助走)

走では踏切前半の距離および時間が減少し、支持局面が減少したことによって踏切接地時間がPre全助走よりも小さくなった。

(3) 身体重心高及び投射角の変化

図4及び5は、助走ラスト2歩における身体重心高の軌跡をプロットしたものである。ここでの身体重心高はデータ条件を等しくするため、身長で除した値(比身長重心高)とした。また、表5は踏切2歩前、1歩前、踏切歩の接地と離地時の身体重心の投射角を示したものである。

図4を見ると、牽引試技では踏切2歩前の離地時から重心高が低下して行く。この2歩前の離地時の投射角は、Pre全助走がプラスの値であったのに対して、牽引試技ではマイナスの値となった(表

5)。その結果、踏切1歩前の接地時での牽引試技の身体重心高は、全助走のものを有意に下回った。牽引試技では、踏切1歩前に身体重心高を低めることによって、踏切1歩前離地時と踏切接地時との身体重心高の落差が全助走よりも少なくなった。これに引き続いて、踏切前半局面で身体重心高を急激に高めていることが分かる。また、踏切離地時では、その高さが全助走のものと殆ど同じになると共に、投射角も増大する傾向にあった(表5)。HAY, J.らは⁶⁾、一流の走幅跳選手においては、踏切1歩前に身体重心高を大きく減少させ、1歩前と踏切歩との間の非支持局面を減少させていることを報告しており、牽引試技では、踏切時のブレーキロスをも最小限に抑え、より高い鉛直速度を得る

表 5 投射角及び接地角，離地角の実験試技間の比較

	全助走	Tow-12	Tow-14	ポスト全助走
投射角				
2 歩前				
接地	-4.5 1.5	-4.5 1.5	-3.9 0.5	-3.5 0.7
離地	2.2 1.2	-3.0** 1.2	-2.3* 1.5	0.2 1.3
1 歩前				
接地	-4.1 1.1	-3.8 0.5	-4.0 1.0	-4.0 0.4
離地	0.7 1.5	1.5 1.0	1.2 1.3	1.1 0.5
踏 切				
接地	-0.8 0.7	-0.9 1.0	-1.0 1.9	-0.2 1.5
離地	20.6 2.6	21.1 3.4	21.0 3.9	21.8 3.4

※各 2 段目の数字は標準偏差

** P < 0.01

* P < 0.05

「2 歩かけあがり (Two-count-rise)」と呼ばれる技術がより強調されたものと言える。

図 5 は、Pre 全助走と Post 全助走との身体重心の軌跡を比較したものであるが、Post 全助走でも前述した牽引跳躍と同様の傾向が見られた。このことは、牽引を用いた跳躍を行うことの即時効果によって、より効率のよい踏切動作が発現されたものとみられる。

(4)各関節及び部位の角度の変化

次に、前述した重心の変位が、身体各部のどのような動きによって行われているかを見て行くことにする。

表 6 は、踏切 1 歩前及び踏切歩における腰、膝関節、および大腿と下腿角度を示したものである。踏切 1 歩前の接地中期で、Tow14 の試技は Pre 全助走に比べて腰角度が増大すると共に大腿角度が減少した。これは、大腿部がより後方へ移動したことを意味する。一方、膝角度は Pre 全助走の値とほとんど変わらなかったが、下腿角度はマイナス方向に増大した。これらのことは、Tow14 の踏

切 1 歩前の支持期後半においては、下腿を前方に倒しながら大腿を後方に送ることによって、身体を前に進めていることを表わしている。支持期後半での大腿の動作範囲は、全助走に比べて平均で約 -9.5%，下腿では約 -21.9% 減少した。つまり、踏切 1 歩前の支持期後半では、上述の下腿や大腿の動きが抑制されることによって、後方へのキックの動作が抑えられていたことを意味するものである。こうした一連の動作は、Tow14 の踏切 1 歩前の支持期後半および非支持期局面が減少し、すばやい踏切動作が行われていたことに関連すると考えられる。上記と同様の傾向は、Post 全助走においても認められたが、Tow12 では特にその様な傾向は顕著には見られず、Pre 全助走の動きに近いものであった。

牽引跳躍での踏切接地時には、腰・膝関節とも全助走のものより伸展して接地しており、踏切中期でも膝の屈曲が少なかった。これらは、脚のピストン系の屈伸動作が抑えられることを意味するものであり、特に Tow14 では支持後半距離も減少

表 6 各関節及び部位角度の実験試技間の比較

	全助走	Tow-12	Tow-14	ポスト全助走
腰 関 節				
1 歩前				
接地	132.4 7.6	134.6 6.1	134.3 3.2	135.6 6.2
中期	146.4 5.8	149.2 5.7	154.0 6.4	155.6 7.7
離地	197.2 6.2	198.8 4.9	200.0 3.0	199.9 3.1
踏切歩				
接地	147.8 4.5	148.5 3.4	149.2 6.3	150.9 7.2
中期	149.5 4.3	151.5 3.7	153.9** 4.6	152.9* 5.8
離地	192.9 5.7	193.7 3.3	195.7 3.1	194.3 5.2
大 腿				
1 歩前				
接地	38.1 7.7	35.3 3.7	36.8 2.2	35.1 3.6
中期	18.0 3.9	16.7 5.7	13.9 5.0	11.1 5.2
離地	-25.0 4.6	-26.1 3.9	-25.0 2.9	-25.4 3.7

※各2段目の数字は標準偏差、

	全助走	Tow-12	Tow-14	ポスト全助走
膝 関 節				
1 歩前				
接地	145.5 6.2	147.3 6.2	148.1 4.8	146.9 3.7
中期	121.7 4.6	122.8 4.0	120.3 3.2	124.2 2.5
離地	146.4 7.0	148.5 5.5	145.0 2.9	146.3 2.8
踏切歩				
接地	165.2 3.9	166.4 2.1	167.4* 4.2	167.6 4.1
中期	138.7 6.0	140.2 3.5	142.7 2.4	144.1 5.7
離地	173.0 6.6	172.8 3.9	176.2 2.0	173.6 1.4
下 腿				
1 歩前				
接地	3.5 6.2	2.5 6.2	4.9 5.8	1.9 5.8
中期	-40.3 4.4	-40.6 5.4	-45.8 7.1	-44.7 5.3
離地	-58.6	-57.5	-60.1**	-59.1

** P<0.01

* P<0.05

していた。これらのことから、牽引試技においては、踏切時に鉛直速度の増大をもたらす要素としては、腰や膝の伸展動作よりも身体の起こし回転運動による方が大きくなると言える。

4. ま と め

1) 牽引力が4kg 程度では、12歩前後の助走距離であっても全助走と同等の助走速度の獲得が可能とされた。また、牽引による14歩助走では、全助走以上の助走速度の獲得によって更に高い速度水準での跳躍を体験することが可能であった。

また、これらの助走歩数による牽引跳躍では、通常の跳躍に比べて踏切効率が高くなった。

牽引助走によって最大若しくは超最大スピードが、主観的な余裕を持ちながら達成されたことによって、踏切技術の改善に適した運動制御状態が可能となったと言える。これらのことはまた、より高いレベルでの神経筋コーディネーションの改善を促進し得ることを示唆している。

2) 牽引試技では、特に Tow14において、踏切1歩前に身体重心高を低めることによって、踏切1歩前の離地時と踏切接地時との身体重心高の

落差が少なくなった。それと共に、踏切1歩前の支持期後半のキックを抑え、踏切までの非支持局面を減少させることでよりすばやい踏切動作が可能となり、踏切時のブレーキロスを最小限に抑え、より高い鉛直速度を得る「2歩かけあがり」と呼ばれる技術がより強調されたと言える。

また、踏切接地時では腰・膝ともPre全助走より伸展して接地され、踏切中のピストン系の動作が抑えられても踏切前半局面で重心高を急激に高めていた。また、この踏切前半局面では水平速度の減少は少ないが、鉛直速度の増大は大きく、牽引試技では、踏切時の鉛直速度の増大がより身体の起こし回転に依存することが示唆された。

- 3) Post全助走跳躍においても、上述した2歩かけ上がりの技術が強調され、踏切時間は減少し、踏切離地時の鉛直速度の増大がなされた。特に実験Iでは、跳躍距離、助走速度共にPre全助走を上回り、牽引跳躍を行うことによるプラスの即時効果が認められた。

参考文献

- 1) 阿江通良(1982)：高くとぶための跳に関する運動生力学的研究—踏切における身体各部の貢献とメカニズムについて・昭和56年度筑波大学大学院、教育学博士論文。
- 2) 阿江通良, 村木征人, 宮下 憲, 伊藤信之, 森田正利 (1990)：牽引走が100m 走の加速および速度持続局面に及ぼす影響。平成元年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, Na.VIIスプリントアシステッド・トレーニングに関する研究 (第2報)：37-45。
- 3) BOSCO, C., LUHTANEN, P., KOMI, P.V. (1975)：Kinetics and kinematics of the take-off in the long jump. *Biomechanics*, 13：174-80。
- 4) HAY, J., MILLER, J. (1985)：Techniques used in the transition from approach totake-off in the long jump. *Int. J.of Sport Biomechanics*, 1：174-184。
- 5) HAY, J., MILLER, J., CANTERNA, R.V. (1986)：The techniques of elite male long jumpers. *J. of Biomechanics*, 19(10)：855-866。
- 6) HAY, J., NOHARA, H. (1990)：Techniques used by elite long jumpers in preparation for take-off. *J. of Biomechanics*, 23：229-239。
- 7) 伊藤信之, 村木征人, 宮下 憲, 阿江通良, 森田正利(1990)：牽引走を最大下の努力度合いで行うことによる影響, In：平成元年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告Na.VII, スプリントアシステッド・トレーニングに関する研究 (第2報)：9-19。
- 8) 村木征人 (1982)：現代スポーツ・コーチ実践講座「陸上競技 (フィールド)」, ぎょうせい。
- 9) 村木征人(1983)：スプリント走における疾走速度および歩幅と歩数に関する研究—スプリント走の客観的速度と主観的速度および歩幅との関係, In：身体運動の科学V：76-83。
- 10) 村木征人(1984)：助走距離の変化が走巾跳の踏切動作に及ぼす影響, In：日本バイオメカニクス学会編「第7回日本バイオメカニクス学会大会論集」：89-93, 杏林書院。
- 11) 村木征人, 阿江通良, 宮下 憲, 伊藤信之(1989)：等張性トウ・トレーニングにおける適正牽引力とトレーニングにおける即時効果, In：昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告X, スプリントアシステッドトレーニングに関する研究(第1報)：9-27。
- 12) STRIZHAK, A., MIRONENKO, I., POPOV, G., PETUKHOVA, G. (1990)：Secrets of long jumps：Modern Tendencies in the training of high-ranking long jumpers. *Soviet Sports Review*, 25(4)：186-188. (from Л е г к - а я А т л е т и к а, 6：22-23, 1989)