

平成 22 年 5 月 24 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19500529

研究課題名（和文） 走幅跳助走の評価システムに関する研究

研究課題名（英文） A study on the evaluation system for the performance of the approach run for the long jumpers

研究代表者

伊藤 信之 (ITO NOBUYUKI)

横浜国立大学・教育人間科学部・准教授

研究者番号：40232459

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、走幅跳の助走動作をバイオメカニクス的に分析し、大学生走幅跳選手の助走トレーニングへの適用の可能性を探ることであった。助走後半の走動作は、助走動作局面、移行局面、踏切準備局面に分けられ、それぞれの局面ごとに動作評価のための評価要素を抽出することができた。これによって、実際の競技会などで撮影された動画を対象にして、詳細な動作分析を省いても、的確な評価を行っていくことが可能となると考えられた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to explore the possibility of applying the evaluation system for the performance of the approach run for the long jumpers of college students by biomechanical analyzing. The second half of the approach run was divided into three phases. The first was the phase of approach run, and the second was the phase of transition, the third was the phase of the preparation for takeoff. The evaluation factors were extracted for the each phase. It was thought that the precise evaluation was performed by this.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	100,000	30,000	130,000
2009年度	100,000	30,000	130,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：走幅跳 助走 走動作 動作分析 技術指導

1. 研究開始当初の背景

(1)陸上競技の走幅跳の助走について

跳躍種目における助走は、パフォーマンスを決定する要因の一つであり、特に走幅跳や三段跳といった水平跳躍種目では、より高い

助走スピードや踏切準備動作へのつながり、正確性といったことが要求される。走幅跳の助走スピードと跳躍距離の間には密接な関係があることが知られているが、100m 走のようなスプリントとは最大速度に近づく

過程でストライドとピッチの変化の仕方が異なっているため、単に助走スピードが速いだけでは跳躍距離の増大は望むことができないことが示唆される。

研究代表者は、これまでに一流走幅跳選手の助走の特徴及び助走動作とスプリント動作の違いを明らかにすることを目的に研究を進めてきており、一流選手の助走の中盤は、スプリントのものよりも滞空期が拡大しており、中盤から踏切準備局面にかけて、その滞空期を削っていくことでピッチを高め速度を高めていることが分かっている。しかし、それがどのような動作の結果によるものなのかということについては明らかになっていない。また、踏切準備動作に入る前の局面である踏切 5~7 歩前の走動作を分析した結果、支持脚の膝関節や足関節の大きな屈曲、いわゆる「つぶれ」が少ないことが助走速度に影響を与えること、さらに回復脚の動作が支持脚の「つぶれ」に影響を与えることが分かっている。けれども、助走ではその後の数歩でさらに速度は高められるが、その過程でさらに速度を高めることにつながる動作の要因については明らかになっていない。

(2)短距離走の走動作の研究について

これまで、短距離選手の走動作の研究は速度増大を生み出すメカニズムの解明、指導法の改革といった観点から大きな成果を上げてきたと思われる。

陸上競技の短距離選手を対象に走動作を扱った研究は多数ある。疾走速度を高めるには、脚全体の後方スイング速度を高めること、そのために支持期での膝や足首の屈伸を小さくすることの重要性が指摘されている。しかし、支持脚の動作が回復脚に与える影響、また回復脚の動作が支持脚に与える影響といった 1 サイクル内での因果関係は十分明らかになっていない。さらに、ある走の 1 サイクルが、その前後の走の 1 サイクルとどのように関連しているか検討しているものはほとんどないようである。

(3)これまでの走幅跳の助走を扱った研究

HAY ら(1986)は、走幅跳の跳躍距離決定する因果関係モデルから、跳躍距離は踏切 4 歩前の水平速度によって大きく影響されると報告している。一般に、助走の役割は、「踏切動作をコントロールできる範囲での最大の走スピードを発揮すること」と考えられているが、トレーニングの現場では、両者を分けて考えることは少なく、助走のスピードを生み出す走動作が踏切準備と踏切動作と密接に関連していることに常に注意が払われている。これまで、助走では、速いスピードが必要でありながら、かつ踏切動作をコントロールする余裕がなければならないの

で、選手それぞれに至適速度が存在するとされておられ、一般に、助走速度は、最大でも走能力の 95%程度であると言われている。このことに対しても、別の視点の考え方をすることもできる。つまり、スピードが速すぎるから踏み切れないのではなく、スピードを出そうとする動きが、踏切動作につながらないことが多いという考え方である。この二つは、似ているようで異なっている。踏切動作につながる走動作であれば、助走速度はいくらでも高められるということにつながるためである。指導の現場では、走能力を高めることに加え、助走全体の走り方、いわゆる「助走の流れ」を工夫することで踏切にスムーズにつながることを重視したトレーニングを行っており、どちらかと言えば、後者に重点が置かれることが多いように思われる。

(4)走の 1 サイクルの枠組みを超える必要性について

これまでの走動作の分析は、走を循環運動と捉え、走の 1 サイクルを分析対象とするものがほとんどであった。加速過減速の過程を捉えたものもあるが、ある局面の 1 サイクルを取り出して別の局面と比較するという方法で行ったものが多い。助走では、最高助走速度に達するのは踏切 2,3 歩前であり、スタート後一貫して加速がなされている。このことは、1 歩 1 歩走動作が異なっていること示すものであり、単に走の 1 サイクルを取り出して分析しただけでは、助走の走動作を評価することができないと言える。また、スプリンターを扱った先行研究では、走動作の特徴は主に疾走速度との関係を中心に考察されてきているものが多いようである。技術指導のポイントをより明確にするためには、疾走速度と深い関連のある項目だけを注目するのではなく、ある動作が別の動作に与える影響を整理していくことも必要となってくると思われる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、走幅跳の助走後半の数歩にわたる走動作をバイオメカニクスの分析することで望ましい助走の走動作の特徴を把握することにより、助走動作を評価するための評価要素を抽出し、大学生走幅跳選手の助走トレーニングへの適用の可能性を探ることであった。

3. 研究の方法

(1)助走後半の走運動の動作分析

一流走幅跳選手の助走では、ストライドが著しく増大する前半の局面と安定したストライドの中で速度が微増し続ける後半局面の 2 つがあることが分かっている。この後半局面はスタート後 10 歩目以降に現れること

から、助走動作の分析対象としては踏切6歩前から踏切までの6歩（走の3サイクル）を分析対象とした。

国内外一流男子選手20名（第23回静岡国際陸上(13名)、国際グランプリ陸上大阪大会2007(7名)(跳躍記録7m16~8m18))および大学生男子選手9名(跳躍記録5m85~6m91)を被験者とした。

①測定方法の概要：分析対象範囲が14~18mと大きくなるため、2台のVTRカメラを用いてのパンニングDLT法(高松ほか1997)を用いた。

②分析方法の概要：得られた3次元座標を用いて、選手の矢状面について分析した。身体分析点(23点)の矢状面状の2次元座標値から、部分及び重心の座標を算出した。分析点の変位データを数値微分することにより、速度および加速度を算出した。また、下肢の部位及び関節の角度を算出し、これらの角変位を時間微分して角速度および角加速度を求めた。さらに脚を足、下腿、大腿の3セグメントからなる2次元剛体リンクにモデル化し、逆動力学的手法を用いて下肢関節トルクを算出した。

(2) 分析対象とした助走の局面について

① 助走動作局面

踏切6~5歩前は、助走最高速度の95%以上に達しており、踏切準備動作や踏切板への足合わせの影響の少ない局面であるため、本研究では、助走動作局面と位置づけた。

② 移行局面

踏切4~3歩前の局面は、助走中、速度が最大に高められるとともに、ヴィジュアル・コントロールによる影響が及ぼされはじめる局面である。またこの局面の走動作は、続く踏切準備動作に大きな影響を及ぼすことが考えられる。この局面を、助走動作局面から踏切準備局面への移行局面と位置づけた。

③ 踏切準備局面

踏切2~1歩前は、踏切のために身体重心高の下降がなされる局面である。この局面を踏切準備局面とした。

(3) 評価要素を抽出するための分析の手順について

走幅跳の跳躍の技術が未熟な選手の場合、個人差が非常に大きいため、移行局面ならびに踏切準備局面における評価要素を抽出するために、国内外の一流走幅跳選手の値を用いて検討することとした。

助走動作局面では、一流選手と大学生選手の2群に分け、平均値を比較検討するとともに、助走速度及び跳躍距離を従属変数として相関分析を行い、これらに影響を与える要因について検討した。

4. 研究成果

(1) 踏切準備動作における重心低下の方法について

日本一流競技者の助走と踏切準備の動作を比較することで、踏切準備局面で身体重心を低下させる要因について検討した。さらに、踏切準備動作が跳躍パフォーマンスの善し悪しにどのような影響を与えているかについて検討した。被験者は、国内一流走幅跳競技者5名を被験者とし(年齢25.6±1.0歳、身長1.77±0.02m、体重67.2±5.1kg、走幅跳のベスト記録7.92±0.08m)であった。

身体重心高は、踏切2歩前の離地から踏切1歩前の接地までの滞空期で下降し、踏切1歩前以降は低い重心高を維持しながら踏切に移行していた(図1)。

踏切2歩前離地時の鉛直速度が助走に比べ小さかったこと及び踏切1歩前接地脚の大腿の振り下ろし速度を抑えることによって踏切2歩前の滞空期での身体重心の下降がなされたと考えられた。そして、踏切2歩前離地時の鉛直速度が小さかったのは、踏切2歩前支持期における身体重心の鉛直加速度が小さかったこと及び支持脚の後方への伸展動作が抑制されたことによるものと考えられた。

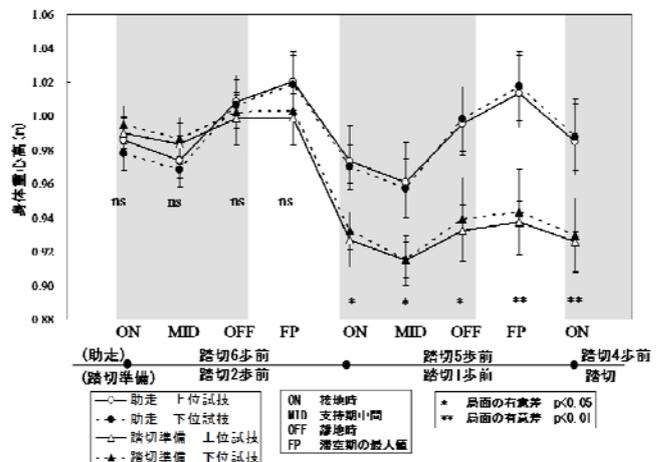


図1 助走と踏切準備の身体重心高の比較

踏切2歩前支持前半で関節の屈曲による緩衝動作を起こさないと身体重心の鉛直加速度を小さくできていたのは、踏切3歩前の滞空期を減少させ、踏切2歩前の接地のタイミングを早めていたことが原因となっていると考えられた。

踏切2歩前の支持前半の膝関節の屈曲動作を抑え、支持前半の大腿角速度を大きくすること及び上体の起きあがりを抑えることが助走速度を高めることにつながることを示唆された。

踏切2歩前離地後の踏切脚の前方への素早いリカバリー動作が跳躍パフォーマンスを

高めることに影響を与えると考えられた。

以上のことから、踏切準備局面での評価要素として、以下の5項目が考えられた。①踏切2歩前の接地動作、②2歩前支持後半のキック動作の抑制、③1歩前の接地動作、④1歩前の腰送り動作、⑤踏切脚のリカバリーから接地動作。

(2) 助走動作から踏切準備動作への移行について(踏切4~3歩前)

踏切4~3歩前は、助走中、速度が最大に高められるとともに、ヴィジュアル・コントロールによる影響が及ぼされはじめる局面である。またこの局面の走動作は、続く踏切準備動作に大きな影響を及ぼすと考えられる。望ましい4~3歩前の動作を明らかにするために、踏切6~5歩前の局面並びに踏み切り準備動作(2~1歩前)との比較および因果関係を調べることを目的とした。

国内外一流男子選手20名を対象として、踏切6歩前から踏切までの6歩(走の3サイクル)を分析対象範囲とした。これらの選手を外国選手群(7.89±0.16m)、日本人上位群(7.74±0.09m)、日本人下位群(7.39±0.13m)の3群に分類し、比較検討した結果、以下のことが明らかとなった。

踏切4~3歩前の移行局面では、助走速度が上昇しているが、上昇の度合いに群間の違いはみられず、5~6歩前での速度との相関も大きかったことから踏切6歩前までに十分な速度レベルに達していることが重要であることが示唆された。

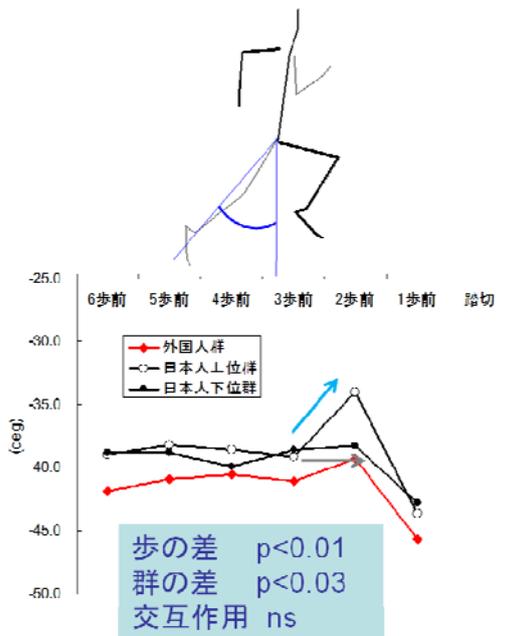


図2 離地時の脚角度の変化

踏切動作に群間の顕著な違いは見られな

かったが、外国選手群と日本人上位群は、踏切2歩前のキック動作が抑制されていたのに対して、下位群ではその傾向が少なかった(図2)。下位群は2歩前離地後の足のけり上がりが大きく、踏切へ向かうリカバリーが遅れる傾向にあった。踏切脚接地前の股関節伸展トルクと跳躍距離との間には、有意な正の相関関係が見られ($r=0.50$, $p<0.05$)、股関節伸展トルクは踏切脚のリカバリーの早さを示す項目と相関が見られたことから、踏切2歩前のキック動作を抑制し、離地後の脚を素早く前方にリカバリーすることが重要であると考えられた。

下位群の踏切2歩前のキック動作が抑制されなかったのは、ストライドの左右差が大きく、踏切脚が支持脚となる歩で加速の度合いが大きくなっていたことが、その要因として考えられた。上位群では、踏切脚の支持となる踏切4歩前では、上体を起こすことによって、後方への伸展動作が抑えられていたのに対して、下位群では、踏切6歩前よりもさらに後方へのキック動作が大きくなっていた。続く踏切3歩前はストライドが小さくなり速度の上昇が少なかったために、踏切2歩前ではさらに加速しようとする動作が強調されていたのではないかと推察された。

これらの結果から、踏切4~3歩前の移行局面での、評価要素として以下の項目が考えられた。①スムーズに身体を起こし、徐々に地面を前で捉えていくこと、②踏切4歩前での後方伸展が過度にならないこと、③踏切3歩前のストライドが短くなりすぎないこと。

(3) 一流選手と学生選手の助走動作の特徴について

日本一流選手(9名, PB7.77±0.14m, 身長1.76±0.05m, 体重69.1±4.6kg)と学生選手(9名, PB6.51±0.28m, 身長1.73±0.07m, 体重63.7±8.6kg)の走幅跳選手を対象とし、両群の比較並びに助走速度との関係を検討することにより、より高い跳躍記録を得るために必要とされる踏切6~5歩前の助走動作の特徴について検討した。

日本一流選手は、学生選手と比較して、助走速度が大きかった。支持時間が短く、滞空距離が長い傾向が見られた。これは重心の下降幅が少なく、離地時の鉛直速度が大きかったことが影響していたと考えられた。これらのことは、支持期における「反発要素」としてとらえられるのではと考えられた。

支持前半の支持脚大腿の後方へのスイング速度は日本一流選手の方が有意に大きく、助走速度とも有意な相関関係が見られた。このスイング速度の大きさが脚全体のスイング速度の大きさに影響を与えていると考えられ、これらのことは支持前半における「乗り込み要素」としてとらえることができるの

ではと考えられた。

さらに日本一流選手は股関節屈曲トルクが有意に大きく、支持期中のリカバリー脚の大腿平均速度が大きかった。これらのことは「リカバリー要素」としてとらえられるのではと考えられた。

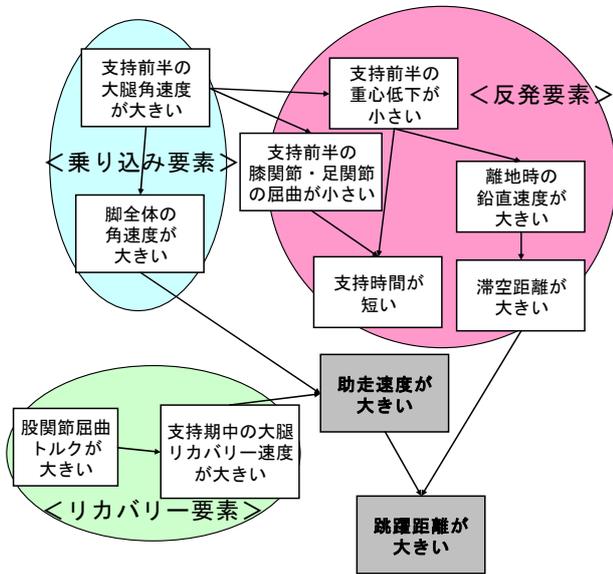


図3 助走評価のための3つの要素

これらの要素間の関係を、整理しまとめたのが図3である。

以上のことから、望ましい助走動作を行うための評価要素として以下の5項目が挙げられた。①短い支持時間と比較的長い滞空時間の確保、②支持前半の大腿平均角速度、③離地時の下腿角速度、④支持期の関節の屈伸動作、⑤リカバリーのタイミングの早さ。

(4) 実際の指導選手への適用

踏切6～5歩前の助走局面、踏切4～3歩前の移行局面、踏切2～1歩前の踏切準備局面の3局面のそれぞれについて、動作評価のための要素を抽出することができた。

表1 助走の評価シート

内容	評価				
助走動作(踏切6～5歩前)					
反発要素					
支持時間	1 長い	2 普通	3 短い	4	
滞空距離	1 短い	2 普通	3 長い	4	
重心低下	1 大きい	2 普通	3 少ない	4	
膝関節の屈曲	1 大きい	2 普通	3 小さい	4	
足関節の底屈	1 大きい	2 普通	3 小さい	4	
乗り込み要素					
支持前半の大腿の動作	1 小さい	2 普通	3 大きい	4	
リカバリー要素					
大腿の前方シフトスピード	1 遅い	2 普通	3 速い	4	
移行局面(踏切4～3歩前)					
4歩前の接地位置	1 遠い	2 適切	3 近い	4	1
上体	1 前傾	2 適切	3 後傾	4	1
4歩前支持脚の後方伸展	1 大きい	2 普通	3 適切	4	
3歩前のキック動作	1 小さい	2 普通	3 適切	4	
踏切準備動作(踏切2歩前～1歩前)					
踏切2歩前					
接地時の重心高	1 低い	2 普通	3 高い	4	
キック動作の抑制	1 抑制無し	2 普通	3 抑制有り	4	
踏切1歩前					
接地脚の振り下ろしスピード	1 速い	2 普通	3 遅い	4	
1歩前の腰送り動作	1 膝中心	2 普通	3 股関節中心	4	
踏切脚のリカバリー動作	1 蹴り上げ	2 普通	3 スカート	4	
踏切脚の接地動作	1 つまる	2 適切	3 たたく	4	

表1は、助走動作の評価を質的に行っていくための評価シートとしてまとめたものである。これによって、選手に対しての評価のフィードバックは、できるだけ迅速に行われる必要があるため、競技会やトレーニング中に撮影された動画を対象にして、詳細な動作分析を省いても、的確な評価を行っていくことが可能となると考えられた。

図4は、ある女子走幅跳選手の踏切6歩前から踏切にかけての支持時間の変化をしめたものである。この選手は、大学4年時に助走の速度が大きく向上し、大きく跳躍距離を伸ばすことができた。助走動作局面では、乗り込み要素に大きな向上が見られた。また、踏切準備局面では、踏切2歩前の接地時の重心高が高まり、キック動作が抑制されるようになるとともに、踏切1歩前の腰送り動作が改善されていた。こうしたことは、図4の6～5歩前および、2～1歩前における大学4年時の値の小ささに反映されていた。

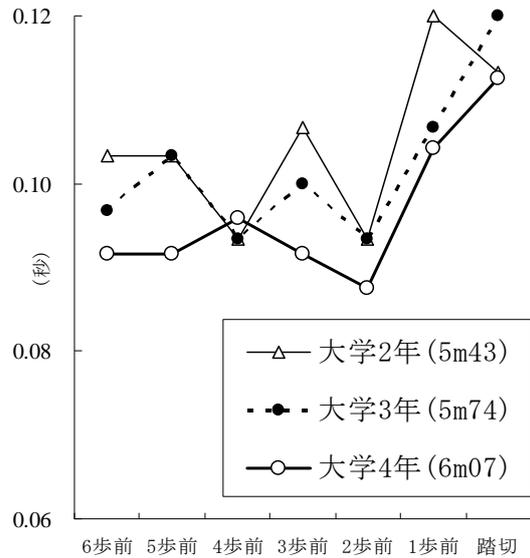


図4 ある女子選手の支持時間の変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

① 伊藤信之, 阿江通良, 小山宏之, 村木有也, 関子浩二, 松尾彰文, 山田真由美, 平野裕一, 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, 査読有, 7(1), 2009, 8-17

② 伊藤信之, 走幅跳の指導, 体育の科学, 査読無, 57(7), 2007, 501-506

③ 伊藤信之, 一流走幅跳選手の技術と戦術について, 陸上競技学会誌, 査読無, 第6巻特集号, 2007, 75-81

④ 伊藤信之，一流走幅跳選手の助走から見たスプリントと助走における走動作の違いと共通点について，スプリント研究，査読無，Vol.17，2007，1-9

〔学会発表〕（計3件）

① 伊藤信之，走幅跳における助走終盤での速度上昇について，日本スプリント学会第20回大会，2009年11月28日，ルネッサンス・サッポロホテル

② 伊藤信之，阿江通良，小山宏之，村木有也，関子浩二，松尾彰文，山田真由美，平野裕一，一流走幅跳選手における踏切準備局面での重心低下の方法について－助走動作との比較から－，日本体育学会第59回大会，2008年9月11日，早稲田大学

③ 伊藤信之，阿江通良，小山宏之，村木有也，平野裕一，走動作における助走と踏切準備との関係について，日本体育学会第58回大会，2007年9月5日，神戸大学

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ynus.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 信之 (ITO NOBUYUKI)

横浜国立大学・教育人間科学部・准教授

研究者番号：40232459

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：