

## 一流男子走幅跳選手の踏切準備および踏切局面における身体重心速度変化

村木有也<sup>1)</sup> 阿江通良<sup>2)</sup> 小山宏之<sup>1)</sup>

1) 筑波大学人間総合科学研究科 2) 筑波大学体育科学系

### 1. はじめに

本報告では、これまで得られた世界および日本一流選手のデータをもとに、走幅跳の踏切準備（助走最後2歩）および踏切局面における身体重心速度の変化パターン、変化量に関する基礎的知見を得ることを試みた。また、世界選手との比較から、日本選手の課題について検討した。

### 2. 方法

以下に示した大会において、助走路の側方から踏切準備および踏切局面における動作を撮影した。

- ・2002年 静岡国際陸上 (2002. 5. 3, 草薙)
- ・2002年 国際グランプリ陸上大阪大会 2002 (2002. 5. 11, 万博)
- ・2002年 第86回日本陸上競技選手権大会 (2002. 6. 7-9, 西部緑地公園)
- ・2002年 スーパー陸上 2002 ヨコハマ (2002. 9. 16, 横浜国際)
- ・2003年 第87回日本陸上競技選手権大会 (2003. 6. 6-8, 横浜国際)
- ・2003年 スーパー陸上 2003 ヨコハマ (2003. 9. 23, 横浜国際)
- ・2004年 第88回日本陸上競技選手権大会 (2004. 6. 4-6, 布勢)

2002年静岡、スーパー陸上は高速度VTRカメラ(250Hz)とDVカメラ(60Hz)各1台、他の大会では2台の高速度VTRカメラを用いた。身体分析点23点の2次元座標は、VTR画像をデジタル化し、2次元DLT法により算出した。得られたデータをもとに、身体重心位置、速度を算出した。また、踏切接地中の踏切足爪先座標とフェールラインとの距離を公式記録に加え、実際に跳躍した距離(実測記録)を算出した。被験者は、世界選手8名、日本

選手25名の計33名とした(村木ら, 2003, 2004, 2005)。

- ・全被験者平均: 身長  $1.79 \pm 0.06$  m, 体重  $69.9 \pm 0.9$  kg, 実測記録  $7.78 \pm 0.77$  m
- ・世界選手: 身長  $1.86 \pm 0.06$  m, 体重  $77.8 \pm 6.8$  kg, 実測記録  $8.19 \pm 0.21$  m (7.90 - 8.51)
- ・日本選手: 身長  $1.77 \pm 0.05$  m, 体重  $67.3 \pm 4.8$  kg, 実測記録  $7.65 \pm 0.21$  m (7.32 - 8.15)

全被験者のデータをもとに、統計的手法を用いて分析を行った。重相関分析により、踏切における跳躍記録決定要素と考えられる踏切離地時の水平、鉛直重心速度、重心距離(重心と踏切足爪先との水平距離)、重心高の実測記録への影響の大きさについて検討した。また、相関分析により、各歩における接地、離地時の重心速度、支持中の重心速度変化間の関係について検討した。各分析における有意水準は5%とした。

### 3. 結果および考察

基礎的資料として、図1に踏切準備および踏切局面における平均動作モデルを示した。平均動作モデルは、身体各部の座標データをAe et al. (1997)

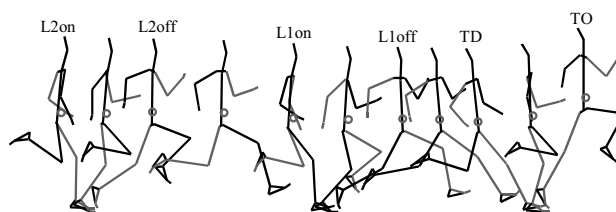


図1 踏切2歩前接地時から踏切離地時における全被験者平均(n = 33)のスティックピクチャー。L2, L1はそれぞれ踏切2歩前, 1歩前を, on, offは接地時および離地時を, TDは踏切接地, TOは踏切離地時を示す

の方法によって規格化した後、踏切時間を基準として各歩の平均支持および空中時間で規格化、平均して作成したものである。

### 3.1 跳躍距離獲得の要因

走幅跳における跳躍記録は、踏切離地時の重心距離、空中距離、着地距離で構成される（深代, 1990）。空中に投げ出された身体は放物運動をすることから、助走および踏切によって獲得され、跳躍距離を決定付ける基礎的要素として踏切離地時の重心位置や速度が考えられる。そこで、踏切離地時の重心距離、重心高および水平、鉛直重心速度の実測記録への影響の大きさについて検討した。図2はその結果を示している。

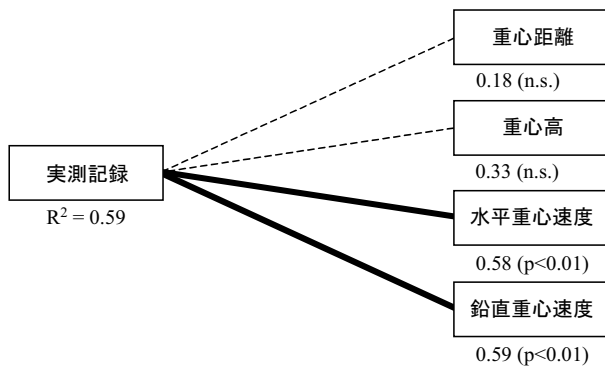


図2 踏切離地時における跳躍距離獲得要因（実測記録と踏切離地時の重心距離、重心高、水平、鉛直重心速度の重相関分析）。図中の数値は重相関係数 R および各変数と実測記録との偏相関係数を示す

図2に示したように、実測記録への影響（偏相関係数）が大きかったのは踏切離地時の水平および鉛直重心速度であり、多くの指導書や研究においても述べられているように、踏切離地時の重心速度はパフォーマンスを向上させるための基礎的条件であることがわかる。また、これら4変数による実測記録の説明率は約60%程度（重相関係数  $R^2 = 0.59$ ）であり、踏切後の空中、着地動作も無視できない技術であろう。

踏切離地時の水平速度は助走速度とともに跳躍記録との相関関係が多く報告されているが（深代, 1990）、一流選手群を扱った研究では跳躍距離と鉛直重心速度との相関は低いことが報告されている（Hay, 1986）。これら先行研究の結果は、水平速度に比べ鉛直速度は重要でないことを示すのではなく、水平速度が助走速度の増大によって容易に得られるのに対し、鉛直速度を得る踏切技術の難しさを

示していると考えられる。重相関分析の結果、水平および鉛直重心速度の実測記録への影響は同程度であったことから、助走において水平速度を高めておき、踏切ではいかに効果的に鉛直速度を獲得するかが課題となる。

### 3.2 重心速度の変化パターンおよび変化量

図3は踏切2歩前から踏切における各歩の接地および離地時の水平、鉛直重心速度の変化パターンを、図4は各歩における水平および鉛直重心速度変化を示している。図3, 41に示したように、水平重心速度は、踏切2歩前では増加、踏切1歩前では減少し、踏切において大きく減少していた。相関分析の結果から、各歩における接地時と離地時の水平重心速度の間に有意な正の相関関係がみられた（2歩前,  $r = 0.77, p < 0.01$ ; 1歩前,  $r = 0.55, p < 0.01$ ; 踏切,  $r = 0.67, p < 0.01$ ）。各歩における水平重心速度変化と接地、離地時の水平重心速度との関係についてみると、踏切2歩前では接地時の水平速度と水平速度変化との間に相関はなく、水平速度変化と離地時の水平速度との間に有意な正の相関がみられた（ $r = 0.50, p < 0.01$ ）。踏切1歩前では、踏切2歩前とは逆に接地時の水平速度と水平速度変化との間には負の相関がみられ（ $r = -0.64, p < 0.01$ ）、水平速度変化と離地時の水平速度との間に相関はみられなかった。踏切では、接地時の水平速度、離地時の水平速度ともに水平速度変化との間に有意な相関がみられた（接地時,  $r = -0.40, p < 0.05$ ; 離地時,  $r = 0.41, p < 0.05$ ）。

鉛直重心速度は、いずれの歩においても増加し、特に踏切における増加が大きかった。また、踏切1歩前における接地時の下向き速度が大きく、1歩前離地時の上向き速度、踏切接地時の下向き速度が小さかった。相関分析の結果から、いずれの歩においても接地時の鉛直速度と鉛直速度変化（2歩前,  $r = -0.71, p < 0.01$ ; 1歩前,  $r = -0.45, p < 0.01$ ; 踏切,  $r = -0.45, p < 0.01$ ）、鉛直速度変化と離地時の鉛直速度（2歩前,  $r = 0.82, p < 0.01$ ; 1歩前,  $r = 0.64, p < 0.01$ ; 踏切,  $r = 0.88, p < 0.01$ ）との間に有意な相関関係がみられた。接地時と離地時の鉛直速度との間に有意な相関がみられたのは、踏切2歩前離地時と1歩前接地時（ $r = 0.41, p < 0.05$ ）および1歩前接地時と離地時（ $r = 0.39, p < 0.05$ ）のみであった。水平重心速度と鉛直重心速度との関係をみると、踏切における水平速度変化と鉛直速度変化（ $r = -0.46, p < 0.01$ ）、鉛直速度変化と離地時の水平速度（ $r = -0.37, p < 0.05$ ）、水

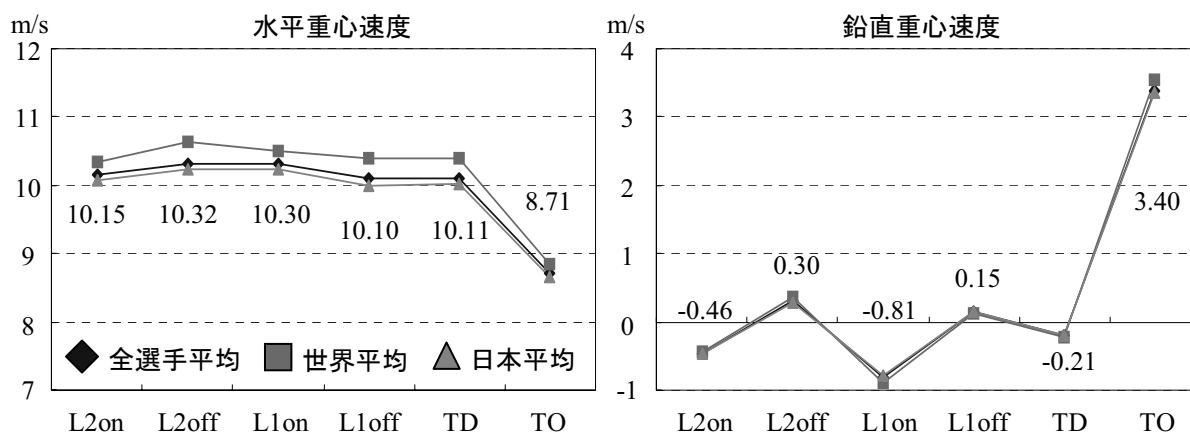


図3 踏切2歩前接地 (L2on), 2歩前離地 (L2off), 1歩前接地 (L1on), 1歩前離地 (L1off), 踏切接地 (TD), 踏切離地時 (TO) における全選手 (n = 33), 世界選手 (n = 8), 日本選手平均 (n = 25) の水平および鉛直重心速度. 図中の数値は全選手の平均値

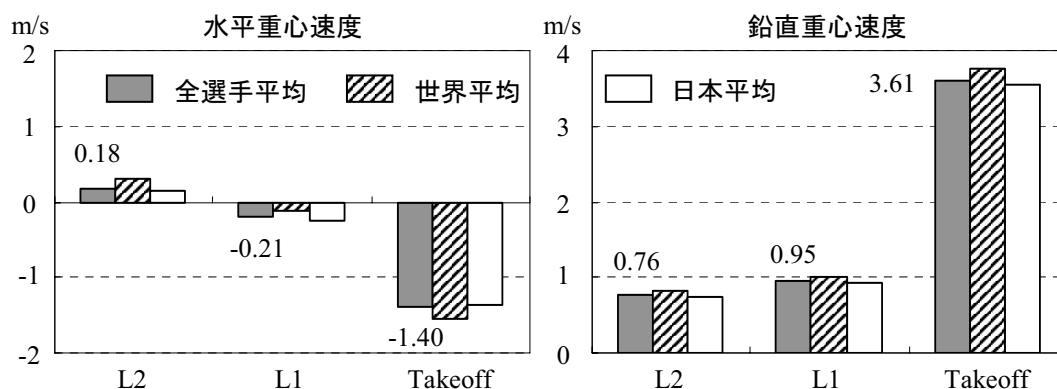


図4 全選手 (n = 33), 世界選手 (n = 8), 日本選手平均 (n = 25) の踏切2歩前 (L2), 1歩前 (L1), 踏切 (Takeoff) における水平および鉛直重心速度変化 (離地-接地). 図中の数値は全選手の平均値

平速度変化と離地時の鉛直速度 ( $r = -0.40, p < 0.05$ ) との間に有意な負の相関関係がみられた. 踏切2歩前, 1歩前における水平速度と鉛直速度との間に有意な相関関係はみられなかった.

これらのことから, 踏切2歩前では, 離地時の水平速度を大きくするために接地時に大きな水平速度を獲得しておくことが重要であり, さらに水平速度変化 (増加) を大きくすることが有効であると考えられる. また, 踏切準備のため踏切2歩前から1歩前への空中期において大きく重心を下げるが (図1), 踏切2歩前離地時の鉛直上向き速度の増加は1歩前接地時の鉛直下向き速度の減少に関連することから, 効果的に重心を下げるためには踏切2歩前離地時の鉛直上向き速度を小さくすることが有効であると考えられる.

踏切1歩前では, 接地時の水平速度と接地中の水平速度変化 (減少) との関係がみられたが, これは踏切2歩前やスプリントとは異なり踏切への準備として重心を下げた姿勢で接地しており (図1), 水

平速度を維持するのが難しかったためであると考えられる. しかし, 踏切1歩前における水平速度減少と離地時の水平速度との間に関係がみられないことから, 1歩前の減速は大きくなるものの, 1歩前までに大きな水平速度を獲得しておくことが1歩前離地時の水平速度を大きくするために重要となると考えられる.

踏切では, 離地時の水平速度を大きくするため, 水平速度の減少を抑えること, 他の歩と同様に接地時において大きな水平速度を得ていることが重要となると考えられる. 一方, 接地時の水平速度と踏切における水平速度変化 (減少) との関係はみられるものの, 踏切接地時の水平速度と鉛直速度変化 (増加,  $r = 0.001, n. s.$ ) との間に関係はみられなかった. これらのことから, 助走速度の増大にともない獲得される鉛直速度の大きさが変わることはないが, 水平速度のロスが大きくなることを示していると考えられる. また, 踏切接地時と離地時の鉛直速度に相関関係はみられず ( $r = 0.17, n. s.$ ), 踏切

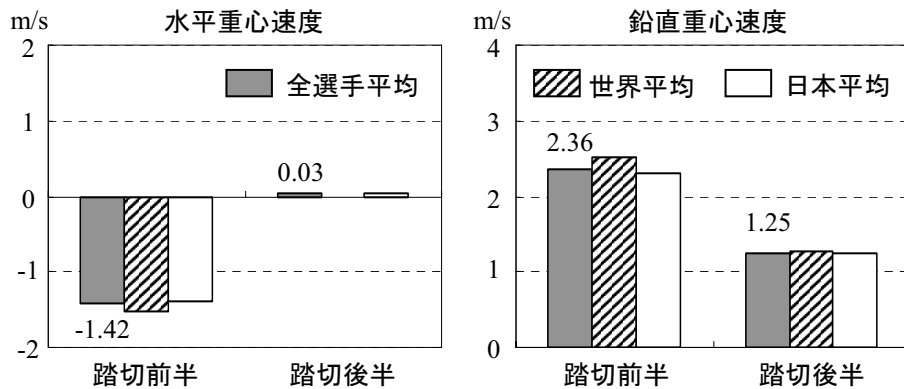


図5 全選手 (n = 33), 世界選手 (n = 8), 日本選手平均 (n = 25) の踏切前半 (接地～膝最大屈曲) および後半 (膝最大屈曲～離地) における水平および鉛直重心速度変化. 図中の数値は全選手の平均値

における鉛直速度変化 (増加) と離地時の鉛直速度とに関係がみられたことから, 接地時の鉛直速度に関わらず踏切における鉛直速度増加量が離地時の鉛直速度を大きくするためには重要であると考えられる. 踏切接地時の鉛直速度と鉛直速度変化との相関関係もみられたが, 接地時の下向き速度を打消すための鉛直速度増加分は水平速度の減少を導くのみである. したがって, 水平速度の減少を最小限に抑えて大きな鉛直速度を獲得するためには, 接地時の鉛直下向き速度を小さくすることが重要であると考えられる.

図5は, 踏切における前半 (踏切接地から踏切脚膝関節最大屈曲時) および後半の水平, 鉛直重心速度変化を示したものである. 図5に示したように, 踏切における水平重心速度の減少は踏切前半におけるものであり, 前半における鉛直速度増加も全体の65%以上と大きかった. 踏切前半では膝, 足関節ともに屈曲し, 水平速度は減少していくものの, 主に踏切足を軸にした身体の起こし回転によって鉛直速度が増加することから (村木ら, 1982), 水平から鉛直方向へと速度の変換が行われる踏切前半において, 起こし回転の効果を最大限に利用することが効果的な踏切を行うために重要であると考えられる.

これまでの結果をまとめると, 各歩において水平重心速度の増減はあるものの, 踏切2歩前までに大きな助走速度を獲得しておくことが重要であると考えられる. また, 踏切1歩前では助走速度の増加とともに水平速度の減少が大きくなるという関係がみられたが, 2003年スーパー陸上に出場したトムリンソン選手 (GBR) では1歩前接地時の水平速度は10.47 m/sと大きかったが, 水平速度の減少は-0.02 m/sと非常に小さく, 2002年スーパー陸上に出場したペドロソ選手 (CUB) では1歩前接地時の水平速度は9.92 m/sであったが, 水平速度変化は

0.28 m/sと増加していた. 踏切においては, 水平速度変化と鉛直速度変化とに関係がみられたが, ペドロソ選手では水平速度の減速は-1.45 m/sと全体平均と比べ少し大きかったものの, 鉛直速度の増加は3.95 m/sと非常に大きかった. これらの例が示すように, 踏切準備および踏切技術の向上は多くの選手の課題であると考えられる.

全体の平均から得られた結果, および外国人選手との比較から, 日本人選手は踏切2歩前から踏切まで助走終盤の走速度を高めること, また, 踏切における鉛直速度の獲得, 特に踏切前半において大きな鉛直速度を獲得することが今後の課題となると考えられる.

#### 参考文献

- Ae M., Fujii N., Takamatsu J. (1997) A biomechanical method for the construction of a "standard motion" and the identification of essential motion by motion variability. In Abstract of the International Society of Biomechanics XVIth Congress : 27.
- 深代千之 (1990) 跳ぶ科学. スポーツ科学ライブラリー4, 大修館書店.
- Hay, J.G. (1986) The biomechanics of the long jump. In K.B. Pandolf (ed), Exercise and Sports Sciences Reviews (volume 14) (pp. 401-446). New York: Macmillan Publishing Co.
- 村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2003) 踏切への移行期における一流男子走幅跳選手の下肢関節トルク. 日本体育学会第54回大会号 (大会抄録集), 日本体育学会第54回大会組織委員会,

376.

村木有也, 阿江通良, 小山宏之, 伊藤信之, 山下訓史 (2004) 男子走幅跳の踏切準備および踏切局面における動作変化パターン. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2003, 3 (1), 日本陸上競技連盟, 81-86.

村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2004) 走幅跳の踏切準備および踏切局面における身体重心速度への下肢各部の貢献 (ポスター発表). 第18回スポーツバイオメカニクス学会大会. 鹿屋体育大学, 9月9-11日.

村木有也, 小山宏之, 阿江通良 (2005) 一流走幅跳選手の踏切準備および踏切動作パターン (ポスター発表). 日本スポーツ方法学会第16回大会. 山形大学, 3月21日.

村木征人, 室伏重信, 加藤昭 (1982) 陸上競技 (フィールド). 現代スポーツコーチ実践講座2, ぎょうせい.