

## 宮下梨紗選手における 60m オーバーの投てき動作の特徴 — 60.08m と 53.80m との比較 —

田内健二<sup>1)</sup> 村上雅俊<sup>2)</sup> 大宅和幸<sup>3)</sup>

1) 早稲田大学 2) 徳山大学 3) 京都教育大学大学院

### I. はじめに

2011年の日本選手権女子やり投において、宮下梨紗選手が最終6投目に日本歴代3位となる60.08mを投げて見事に優勝し、テグ世界選手権の日本代表に選出された。宮下選手の日本選手権前の自己最高記録は55m台であり、さらにこの日の5投目までは53.80mと十分な力を発揮できていなかったが、6投目に一気に記録を伸ばし、日本人3人目となる60mオーバーとなる投てきを行った。やり投は水物といわれるように、投てき試技の出来次第で記録が非常に大きく変化する種目である。世界トップレベルでは、成功試技と失敗試技との間で10m以上の飛距離の差になることはめずらしくない。その中でも、宮下選手は日本トップレベルの実力を持ちながら、1試合でおよそ5mの自己記録を更新したということは驚異的な伸びであるといえよう。したがって、なぜ宮下選手が自己記録を大幅に更新することができたのかを客観的に検討することは、より良い投てき動作を明らかにする上で貴重な知見が得られるものと考えられる。

そこで本稿では、宮下選手の60.08mの投てき動作のバイオメカニクス的な特徴を、53.80mの投てき動作との比較から明らかにすることを目的とした。

### II. 方法

#### 1. 分析試技

分析試技は、2011年日本選手権女子やり投決勝における宮下選手の自己記録となった6投目の60.08mの試技、およびこの日のセカンド記録となった1投目の53.80mの試技とした。

#### 2. 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の側方および後方に設置したデジタルビデオカメラ(HVR-AJ1, Sony)を用いて、毎秒60フィールド、露出時間1/1000で撮影した。また、助走路の中央、ファウルラインより後方6m地点を原点とし、縦6m×横4m×高さ2.8mの画角を設定し、合計9カ所にキャリブレーションポール(マーク間隔0.4m)を立てた。本稿では、投てき方向をy軸、y軸に対して左右方向をx軸、鉛直方向をz軸とした右手系の静止座標系を設定した。

#### 3. 分析方法

2台のカメラによって撮影された映像をPCに取り込み、動作解析ソフト(Frame-DIAS II, ディケイエイチ)を用いて、やり(グリップ、先端)および身体各分析点(23点)を毎秒60フィールドでデジタイズした。デジタイズされた座標値を3次元DLT法により実長換算し、やりおよび身体分析点の3次元座標を求めた。2方向からの画像の同期は、やりのリリース時点のコマ数を合わせることで行った。算出された3次元座標は8Hzのバッタワース型のデジタルフィルタにより平滑化した。

#### 4. 分析項目

本稿では、各データを算出するにあたり、最終的なクロスステップ後の右足接地(R-on)、左足接地(L-on)およびやりのリリース(REL)の各イベントを設定し、右足接地から左足接地までを準備局面、左足接地からリリースまでを投局面とした(図1、2)。分析項目は、以下の項目とした。

- 1) 局面時間：準備局面および投局面の経過時間
- 2) リリース速度：リリース時のグリップ速度
- 3) リリース角度：矢状面内におけるリリース速度ベクトルとy軸とがなす角
- 4) 姿勢角：矢状面内におけるグリップと先端とを

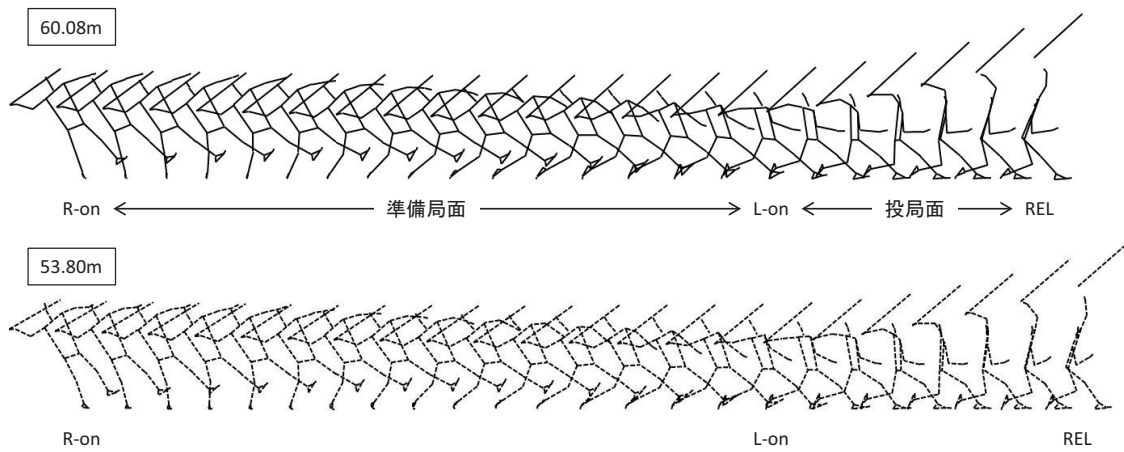


図1 側方からみた宮下選手のスティックピクチャ (1ピクチャは1/60秒)

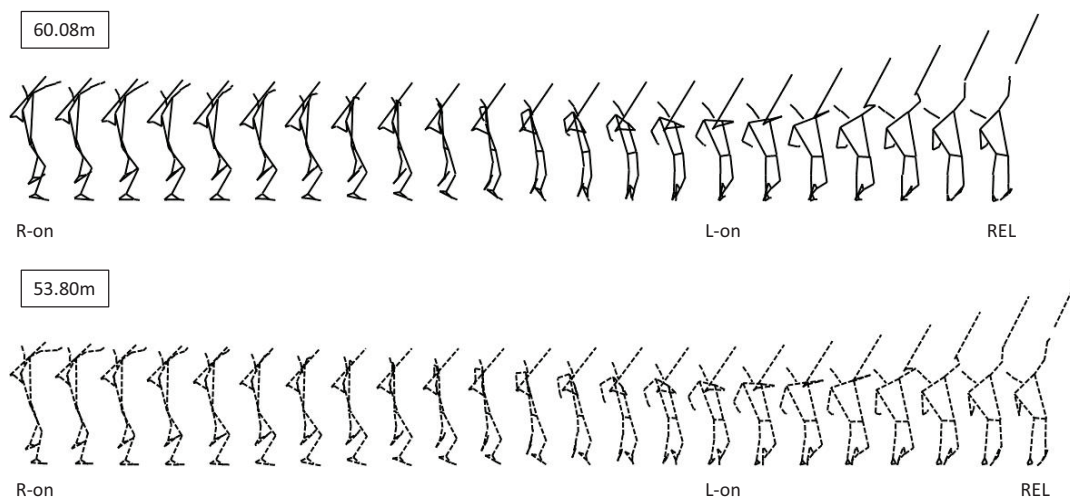


図2 後方からみた宮下選手のスティックピクチャ (1ピクチャは1/60秒)

結んだ線分とy軸とがなす角

- 5) 迎え角：姿勢角からリリース角を減じた角度
- 6) 身体重心速度 (単に重心速度)
- 7) 肩, 肘, 手首および手の各部分速度
- 8) 肩の角度および角速度：水平面内における左右の肩峰を結ぶ線分とx軸とのなす角およびその時間微分値
- 9) 歩幅：右足接地時の右つま先から左足接地時の左つま先までの前後および左右の距離

### III. 結果および考察

#### 1. 基礎的パラメータについて

表1に60.08mおよび53.80mの試技における動作時間およびリリースパラメータを示した。動作時間は、準備局面では両試技ともに同じであったが、投局面では60.08mが短かった。リリース速度は、60.08mが前方、上方および合成値で高かった。リリース角度は両試技ともにほぼ同じであったが、

表1 投てき記録, 動作時間およびリリースパラメータ

投てき記録	(m)	60.08	53.80
動作時間			
準備局面	(s)	0.250	0.250
投局面	(s)	0.117	0.133
リリース速度			
左右	(m/s)	2.5	2.1
前方	(m/s)	17.9	17.4
上方	(m/s)	14.4	13.7
合成	(m/s)	23.1	22.2
リリース角	(°)	38.8	38.3
姿勢角	(°)	40.7	43.3
迎え角	(°)	1.9	5.0

迎え角は60.08mが小さかった。リリース速度はやりの飛距離と強い正の相関関係が認められており (Murakami et al., 2006), また迎え角は0度に近いことが理想的であることが報告されている (前田

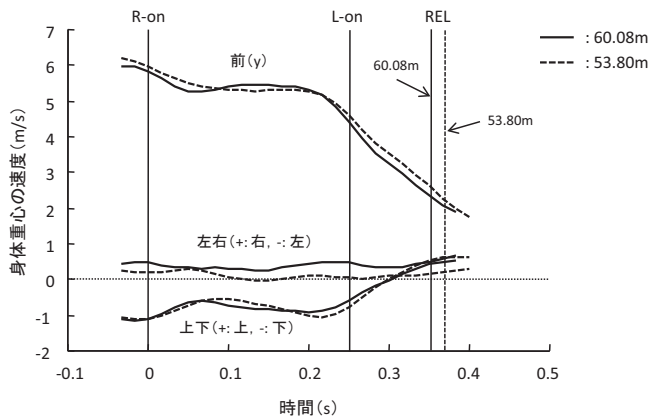


図3 身体重心の速度

ら, 1997). これらのことから, おおまかには 60.08 m の試技は 53.80m の試技と比較して, より短時間で投動作が行われ, リリース速度が速く, かつ迎え角が抑えられた試技であったと解釈することができる.

## 2. 投てき動作について

60.08m の試技においてリリース速度が速かった理由について, 投てき動作に着目して検討してみたい. リリース速度と重心速度 (助走速度) との間に有意な正の相関が認められている (Murakami et al., 2006). そこで重心速度を比較したところ, 準備局面において両試技間に大きな差は認められなかった (図3). このことは, 投局面前の助走で得られた運動エネルギーは両試技間で同等であったことを示唆するものである. それにもかかわらずやりの飛距離に大きな差が生じたのは, 60.08m の試技は 53.80m の試技と比較して, 投動作によってより効率良くやりに伝達されたものと推察される. L-on 後に 60.08m の試技がわずかに重心速度の減速が大きかったことは, このことを裏付けるものであると考えられる.

運動エネルギーを最終的にやりに伝達するのは上肢の役割である. そこでまず, やりおよび上肢の各部分速度の時系列変化をみると, いずれも 60.08m の試技が 53.80m の試技と比較して, L-on 後の速度の立ち上がりが急激であった (図4). 上肢の各部分速度においては, 両試技ともに身体の中心部分から末端部分へと速度が順次増加していく, いわゆる運動連鎖が認められるが, 特に注目すべきは中心部分である肩の速度である. つまり, 60.08m の試技は 53.80m の試技と比較して, L-on 後の肩の速度が高いということである. 体幹は身体の中で最も大きなエネルギー発生源であることから, その体幹の末端である肩の速度がわずかでも上がるといこと

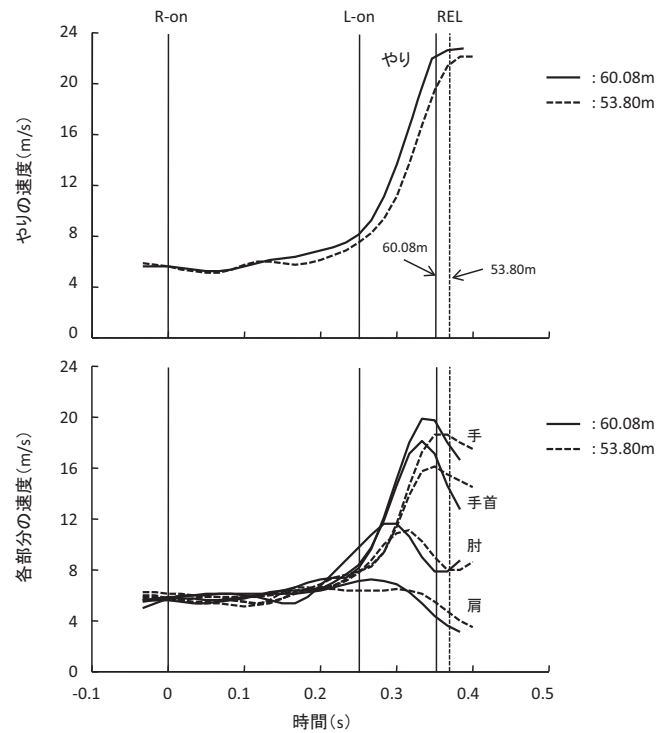


図4 やりおよび上肢の部分速度

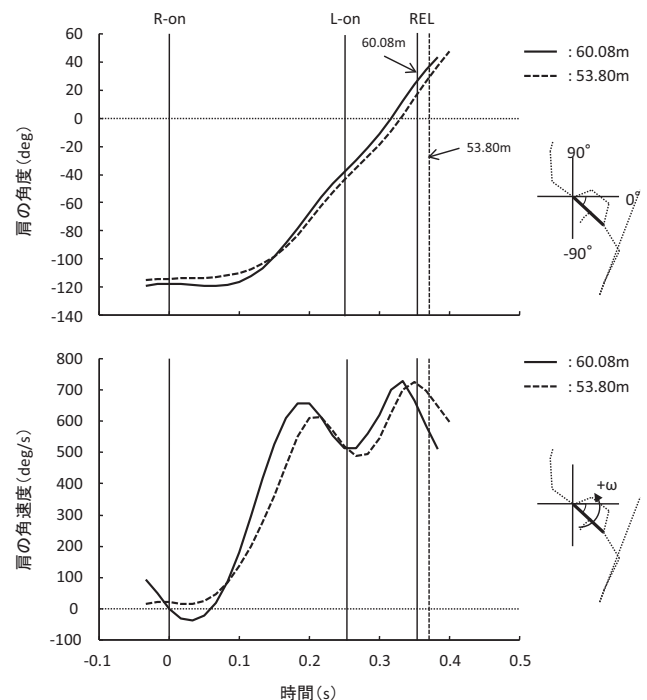


図5 肩の角度および角速度

は, より末端部分への大きなエネルギー伝達につながるものと考えられる. また, 肩の前方への速度を増加させることは, 上肢のしなりを大きくすることにもつながると考えられ (Feltner and Dapena, 1986), より末端部分の速度を増加させる要因の1つであると考えられる.

次に, 肩の速度が高まった原因を探るために, 肩の角度および角速度を検討した. その結果, L-on

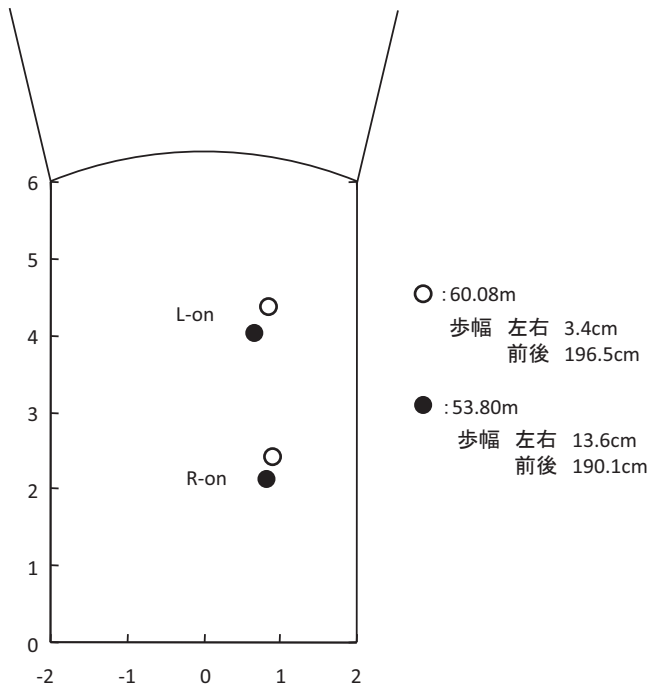


図6 右足および左足の接地位置

直後の肩の角速度が急激に高まっていた (図5)。この L-on 直後の肩の角速度の急激な高まりが、肩の速度の増加、そしてより末端部分の急激な加速につながったものと考えられる。

最後に、L-on であるブロック動作の接地を検討した。その結果、60.08m の試技は 53.80m の試技と比較して、前後の歩幅は大きく、左右の歩幅は小さかった (図6)。このことは、60.08m の試技においては、R-on から若干オーバーストライドで、より直線的な位置に L-on していたことを示すものである。上述してきたように、60.08m の試技は L-on 後に上肢各部位の速度が増加し、より短時間で投動作が行われたという特徴がある。この原因にはおそらく図6に示した L-on の接地の仕方 (接地位置を含む) が少なからず影響を及ぼしたものと考えられる。残念ながら、今回の結果のみでは L-on の接地位置と上肢の急激な加速との因果関係は十分に説明できないが、宮下選手における 60m オーバーの投てきにみられた特徴であることは間違いないであろう。

以上のことをまとめると、宮下選手の 60m オーバーの投てきにおいては、R-on に対して L-on がより直線的に接地し、(因果関係はわからないが) 肩の角速度が急激に高まったことから、上肢のより末端部分の速度が急激に高まり、より速いやりのリリース速度につながったものと考えられる。

## 参考文献

- Feltner, M., Dapena, J. (1986) Dynamics of the shoulder and elbow joints of the throwing arm during a baseball pitch. *International Journal of Sport Biomechanics* 2:235 - 259.
- 前田正登, 野村治夫, 柳田泰義, 宮垣盛男 (1997) 人間の動きを考慮に入れたヤリの最適条件. *デサントスポーツ科学* 17: 270-277.
- Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P. V. and Ito, A. (2006) Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 21: 67-80.