

女子やり投の投てき動作における日本トップ選手と世界トップレベル選手との比較

田内健二¹⁾ 遠藤俊典²⁾ 小林海³⁾ 藤田善也³⁾

1) 早稲田大学 2) 茨城県立医療大学 3) 早稲田大学大学院

I. はじめに

日本の女子やり投の競技レベルは、一時低迷していたものの、近年、大学生を中心に徐々に高まりつつある。2008年度は海老原有希選手が56.71mを投げ、ランキングトップであるが、世界レベルに達するためには、60mをオーバーする必要がある、さらなる競技力向上が望まれる。競技力向上を図るためには、まず目指すべきレベルとの相違点を明らかにし、現状を把握することが不可欠であると考えられる。

そこで、本報告では世界トップレベル選手の投てき動作との比較からみた海老原選手の投てき動作の特徴を明らかにし、海老原選手における競技レベルの向上のための示唆を得ることを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象

分析対象は、海老原選手および2007年世界陸上女子やり投のトップ8の選手(世界トップ8)であった。すべての選手は右手投げであった。分析試技は、海老原選手については2008年静岡国際陸上において、世界トップ8については世界陸上において最も良いやりの飛距離を記録した試技とした。なお、海老原選手の分析試技は、2008年度のシーズンセカンド記録(56.27m:自己サード記録)の試技であることから、海老原選手の投てき動作の特徴をおおよそ代表できるものと考えられる。

2. 撮影方法

各選手の投てき試技を、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2.5m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0.5m)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ル化した。デジタル化された座標値を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。分析項目は、以下の項目とした(図1)。

- 1) リリース速度: リリース時のグリップ速度
- 2) リリース高: リリース時のグリップ高
- 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結んだ線分とy軸とがなす角
- 5) 迎え角: 姿勢角から投射角を減じた角度

なお、理論的にやりの投てき記録を決定する要因となるリリース速度、リリース高およびリリース角

(姿勢角および迎え角を含む) を総じてリリースパラメータとよぶ。

- 6) 身体重心速度 (単に重心速度)
- 7) 減速率: R-on 時に対する L-on 時および L-on 時に対する REL 時の重心速度の減速率
- 8) 局面時間: 準備局面および投局面の経過時間
- 9) 加速距離: 右足接地時からリリースまでのグリップの移動距離
- 10) 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距離

本稿では, 世界トップ 8 の選手の動作の特徴を把握するために, Ae et al., (2007) が提案した平均動作モデルを用いた. この方法は, 身体分析点の各座標値を身長で除すことによって身体の大きさを規格化し, 動作時間を 0 - 100 % のパーセンテージで規格化する (局面時間の比が 6 : 4 であったために, 準備局面を 0 - 60%, 投局面を 60 - 100% に規格化した) ことによって, 対象とした選手らの平均的な動作モデルを構築するものである. 得られる平均動作モデルでは, 優れたパフォーマンスを発揮している世界トップレベル選手に共通する合理的な動作を抽出できるものと考えられる. さらに, この方法では平均動作を数値だけでなく, 視覚的に把握できるという大きな利点がある.

III. 結果および考察

1. リリースパラメータ

まず, 表 1 に示したリリースパラメータについて海老原選手と世界トップ 8 とを比較すると, 海老原選手は投てき記録ではおよそ 7 m 低値を示し, やりの合成のリリース速度は 1.3m/s 低値を示した. 男子の世界レベル選手を対象にした結果においては,

表 1 海老原選手および世界トップ 8 におけるリリースパラメータ

	海老原選手	世界トップ 8
投てき記録	56.27	63.63 ± 2.26
リリース速度		
合成	22.5	23.8 ± 0.3
左右	2.7	-1.0 ± 1.5*
前方	18.4	19.2 ± 1.0
上方	12.7	13.9 ± 1.2
リリース高	1.72	1.74 ± 0.05
リリース角	33.6	36.0 ± 2.6
迎え角	12.8	4.9 ± 5.2

*: マイナスの値は左方向の速度を示す

合成のリリース速度が 1m/s 増大するごとに飛距離はおよそ 5 m 増大することが明らかにされている (田内, 未発表資料) ことから, 女子のやり投においてもおよそ同様のことがあてはまるものと考えられる. また, リリース速度の各成分をみると, 前方向のリリース速度にも差はあるが, 特に上方へのリリース速度において差が大きかった. さらに, リリース角度が低値, 迎え角が顕著に高値を示した. 迎え角は 0 度に近いことが理想であることから, 海老原選手の 12.8 度はやりの飛距離に対して, いくらかマイナスに作用したことが考えられる. これらの結果から, リリースパラメータからみた海老原選手の投てきは, やりを低く投げ出していることから, 前方のリリース速度はある程度高いが, 上方へのリリース速度が低く, またやりの向きと投射方向とが若干一致しなかった投げであったといえる.

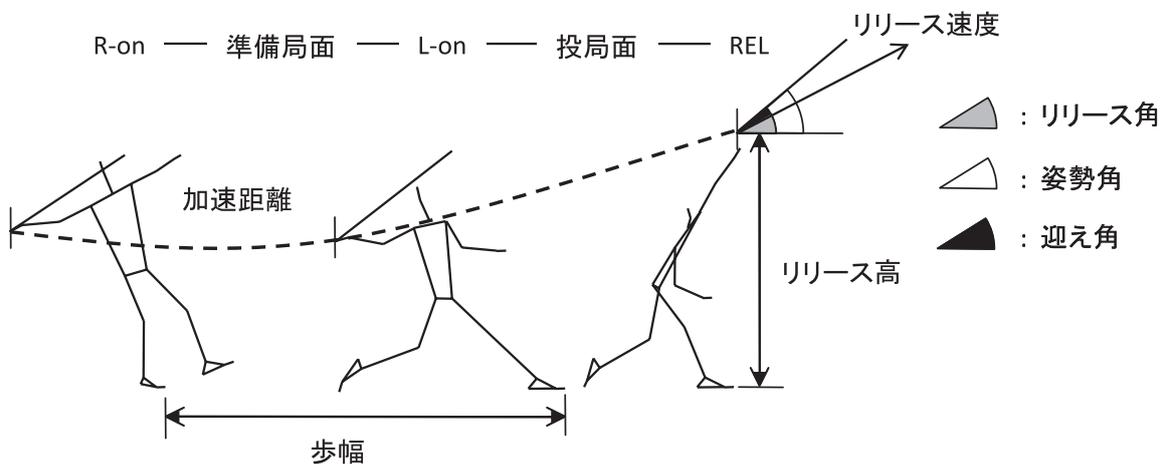


図 1 リリースパラメータおよび各算出項目

表2 海老原選手および世界トップ8における動作に関するパラメータ

	海老原選手	世界トップ8
動作時間		
準備局面	0.22	0.21 ± 0.02
投局面	0.13	0.14 ± 0.01
重心速度		
R-on	6.0	5.8 ± 0.5
L-on	5.1	5.0 ± 0.4
REL	2.6	2.8 ± 0.4
減速率		
準備局面	14.2	13.6 ± 4.0
投局面	48.4	43.5 ± 3.4
加速距離		
準備局面	1.45	1.25 ± 0.19
投局面	1.65	1.82 ± 0.15
トータル	3.10	3.07 ± 0.28
歩幅		
前後	1.90	1.66 ± 0.17

2. 投てき動作に関するパラメータ

次に、表2に示した投てき動作に関するパラメータおよび図2、3に示したスティックピクチャについて海老原選手と世界トップ8とを比較し、どのような動作によって上述したリリースパラメータの結果になったのかを考察してみたい。海老原選手は、世界トップ8と比較して、重心速度は若干速く、減速率は準備局面ではほぼ同様、投局面では高値であった。投局面における減速率は、下肢、体幹から上肢およびやりへのエネルギー伝達の指標であるとして、投てき距離との間に相関関係が認められたと報告する研究もある (Böttcher and Kühl, 1998)。

海老原選手は世界トップレベル選手よりも助走速度（重心速度）が高く、投局面の減速率も高いことから、エネルギーの伝達量としては大きいことが考えられる。しかし、やりのリリース速度は世界レベルに達していないことから、助走によって得られた運動エネルギーを効果的にやりの速度増加に利用できなかった（やりの速度増加以外にエネルギーが使われた＝エネルギーロスが生じた）ことが推察される。図2に示したスティックピクチャをみると、投局面において海老原選手は世界トップ8と比較して、腰の位置がより後方に位置され、体幹と左足とが“くの字”になっていることが観察される。このような姿勢では、下肢から体幹へのエネルギー伝達が効率よく行われないことが考えられ、エネルギーロスにつながったと考えられる。また、海老原選手において特徴的であったのは、歩幅の広さであり、世界トップ8と比較して顕著に高値を示した。図2に示した動作は身長で規格化してあるために、いかに海老原選手の歩幅が大きかったかが理解できよう。歩幅が大きすぎることは、重心よりもより前方で左足を接地する可能性を高め、このことが上述のような“くの字”の姿勢を作り出したことが考えられる。また、“くの字”の姿勢では体幹がより前傾していることから、やりの投射角を大きくできず、上方へのリリース速度を高めにくくなったことも考えられる。

IV. まとめ

本研究の結果から、世界トップレベル選手との比較からみた海老原選手の投てき動作は、助走速度は高いが、R-on から L-on への歩幅が広すぎるために、腰が後方に残ったままになる、いわゆる“くの字”

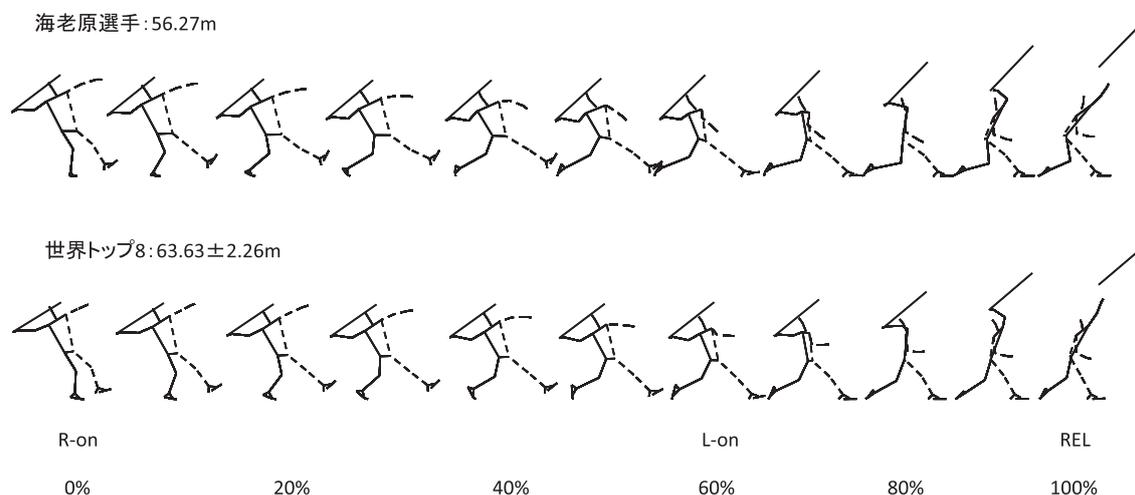


図2 側方からみた海老原選手の動作および世界トップ8における平均動作パターンのスティックピクチャ

海老原選手: 56.27m



世界トップ8: 63.63±2.26m

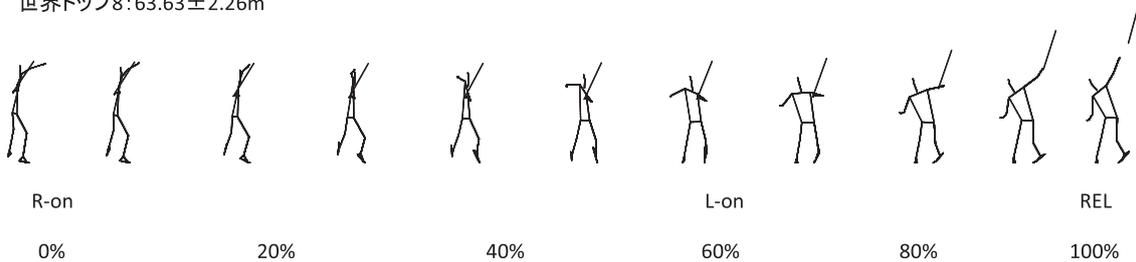


図3 後方からみた海老原選手の動作および世界トップ8における平均動作パターンのスティックピクチャ

の姿勢になることによって体幹の前傾が強調され、このことは下肢から体幹へのエネルギー伝達が効果的に行われただけでなく、やりのリリース角度を大きくできず、上方へのリリース速度を高められないことにつながるとまとめることができる。さらに、この体幹の前傾が強調されたことによって迎え角も大きくなったことが推察される。

したがって、海老原選手が世界トップレベルに達するための課題の1つには、準備局面において歩幅を短くした状態でも適切な投動作を行える技術を獲得することがあげられる。この示唆は、文章ではシンプルであるが、実際に改善することは非常に困難なことであると思われる。本報告の結果が海老原選手の競技力向上にわずかでも役に立てばと思う次第である。

謝辞

本報告を執筆するにあたり、海老原有希選手（スズキ）および関係者の方々には貴重なデータの公表を快諾していただきました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

参考文献

Böttcher, J. and Köhl, L. (1998) The technique of the best female javelin throwers in 1997. *New Studies in Athletics* 13: 47-61.