

U-19 日本トップレベルの女子やり投選手における投てき動作の特徴 斉藤真理菜選手と梶原美波選手との比較

塚田卓巳¹⁾ 佐分慎弥²⁾ 田内健二²⁾

1) 日本スポーツ振興センター 2) 中京大学

1. はじめに

2013年日本ジュニア選手権において斉藤真理菜選手が56.76m(大会記録)、同年日本ユース選手権において梶原美波選手が56.01m(ユース日本記録)という好記録でそれぞれ優勝した。近年、日本における女子やり投の競技レベルは徐々に高まってきているが、ジュニアやユース世代の選手が輩出されることは、日本全体のさらなる競技レベルの向上につながるものと考えられる。今後、継続的に優れた選手を育成するためには、両選手の特徴を明らかにすることが必要であると考えられる。

そこで本稿では、斉藤選手および梶原選手が、どのような動作によってやりのリリース速度を獲得しているかを明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 分析試技

分析試技は、斉藤選手については日本ジュニア選手権において記録した56.76mの試技、梶原選手については日本ユース選手権において記録した56.01mの試技とした。

2.2 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2台のデジタルビデオカメラ(HVR-A1J, Sony)を用いて、毎秒60コマ、シャッタースピード1/1000sで撮影した。撮影範囲は助走路にあるファウルラインを基準にして、奥行6m、横幅4m、高さ2.8mとした。撮影範囲中の9地点にマーク間隔0.4mのキャリブレーションポールを立てた。本研究では、ファウルライン左端から奥行6mの地点を原点とし、投てき方向をy軸、y軸に対して右方向をx軸、鉛直方向をz軸とする右手系の静止座標

系を設定した。

2.3 分析方法

ビデオカメラによって撮影された映像をビデオ解析ソフト(Frame-DIAS V, ディケイエイチ)を用いて、身体分析点23点およびやり(グリップ、先端)を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化した分析点の座標値を三次元DLT法により実長換算し、身体分析点およびやりの三次元座標値を求めた。算出した三次元座標値は8Hzのバターースデジタルフィルタにより平滑化した。2台のカメラによって撮影された映像の同期は、やりのリリース時点のコマ数を合わせることにより行った。

2.4 分析項目

本研究では、各データを算出するにあたり、最終的な右足接地(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を準備局面、左足接地からリリースまでを投局面とした。

やりのリリースおよび基礎パラメータとして、リリース時のやり速度、リリース高、やりのリリース角および迎え角、身体重心速度、局面時間、歩幅および投行程を算出した。また、田内ら(2006)の方法に基づき投動作を下肢-体幹-上肢モデルにモデル化し、やり速度に対する身体各部位の動作の貢献を以下の式①および②によって算出した。なお、本研究では投てき方向の速度のみを扱った。

$$V_j = v_{j/t} + v_{t/l} + v_l \cdots \text{式①}$$

ここで、 v_1 は下肢動作によるやり速度(下肢)、 $v_{t/l}$ は体幹の前後屈によるやり速度(体幹起こし回転)、 $v_{j/t}$ は上肢の動作によるやり速度を示すことになる。また $v_{j/t}$ については、両肩の midpoint から右肩までの線分(l_t)、 l_t とX軸とのなす角(θ_t)、右

肩からやりのグリップまでの線分 (l_a), l_a と l_t とのなす角 (θ_a) を極座標で示した.

$$V_{j/t} = \dot{l}_t \sin \theta_t + \dot{\theta}_t (l_t \cos \theta_t + l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) + \dot{l}_a \sin(\theta_t + \theta_a) + \dot{\theta}_a (l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) \quad \text{式②}$$

ここで, l_t , θ_t , l_a , θ_a の微分項は, 順に体幹の伸縮によるやり速度 (体幹伸縮), 体幹の長軸回りの回転動作によるやり速度 (体幹長軸回転), 上肢の伸縮動作によるやり速度 (上肢伸縮), 上肢の水平内外転動作によるやり速度 (上肢回転) を示すことになる. なお, 体幹伸縮はほぼ 0 であったために, 本研究では示さないことにする.

3. 結果および考察

3.1 投てき記録, リリースおよび基礎パラメータ

投てき記録, リリースおよび基礎パラメータを表 1 に示した. 斉藤選手および梶原選手の投てき記録はそれぞれ 56.76m と 56.01m であった. やりの合成リリース速度はそれぞれ 23.4m/s および 22.8m/s であり, 先行研究 (田内ら, 2009; 田内ら, 2012) によって報告されている, 55m 前後の投てき記録における合成リリース速度と同程度であった. 身体重心速度は R-on, L-on および REL の全ての時点で斉藤選手が梶原選手と比較して速かった. また, L-on の重心速度は, 斉藤選手が 4.2 m/s, 梶原選手が 3.2m/s であり, 斉藤選手が 1m/s も速かった. 田内ら (2012) は, やりの投てき記録に最も影響を及ぼす動作要因が助走速度であったことを報告している. 身体重心速度が速いことは, 身体を持つエネルギーが大きいことと同義であることから, 斉藤選手の方が梶原選

表 1 投てき記録, リリースおよび基礎パラメータ

| | 斉藤選手 | 梶原選手 |
|--------------|-------|-------|
| 投てき記録 (m) | 56.76 | 56.01 |
| リリース速度 (m/s) | 23.4 | 22.8 |
| 左右 (m/s) | 1.0 | 2.2 |
| 前方 (m/s) | 20.2 | 19.5 |
| 上方 (m/s) | 11.8 | 11.6 |
| リリース高 (m) | 1.77 | 1.63 |
| リリース角 (deg) | 32.3 | 30.0 |
| 迎え角 (deg) | 7.2 | 8.3 |
| 動作時間 | | |
| 準備局面 (s) | 0.183 | 0.283 |
| 投局面 (s) | 0.100 | 0.117 |
| 重心速度 | | |
| R-on (m/s) | 5.5 | 4.2 |
| L-on (m/s) | 4.2 | 3.2 |
| REL (m/s) | 2.0 | 1.8 |
| 歩幅(縦) (m) | 1.50 | 1.42 |
| 投行程 | | |
| 準備局面 (m) | 1.15 | 1.00 |
| 投局面 (m) | 1.29 | 1.27 |

手と比較して, やりに伝達可能なエネルギーの絶対量が多いと言える. この観点からすれば, 斉藤選手の方がやりのリリース速度を高めるのに有利であると考えられるが, 両選手のやり速度にはそれほど大きな差がみられなかった. このことは, 梶原選手が身体重心速度で得ることの出来なかったエネルギーをその他の投てき動作によって補っていることを示唆するものである.

3.2 投てき方向のやり速度に対する身体各部位の貢献

上述したように, 両選手においては, やりのリリース速度では同程度であるにもかかわらず, 助走速度の顕著な高低が認められ, 投てき動作に大きな違いのある可能性が考えられた. そこで, 両選手の投てき動作の特徴を明らかにするために, やりの速度に対する身体各部位の貢献の仕方を比較検証することとした (図 1). その結果, 斉藤選手のやり速度は, 準備局面の中盤まではほぼ下肢の助走によるものであり, その後, 左足接地前に体幹の起こし回転により若干加速されていた. 投局面では, L-on により下肢の貢献が低下し, それに伴い体幹の長軸回転が高くなり, その後, 上肢の回転が高くなることで加速されていた. 斉藤選手におけるやり速度への身体各部位の貢献の仕方は, 下肢から体幹, そして上肢へと順番に貢献度が高まっており, いわゆる運動連

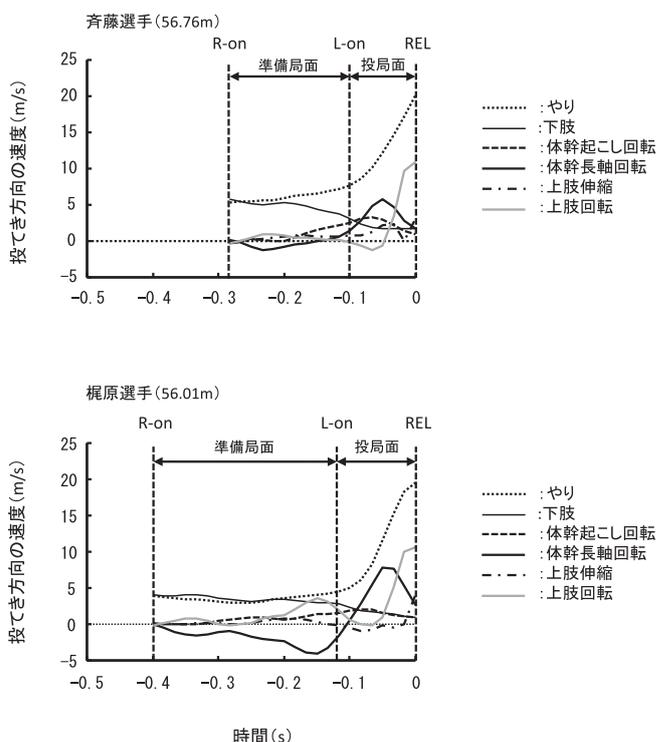


図 1 やり速度 (投てき方向のみ) に対する身体各部位の貢献

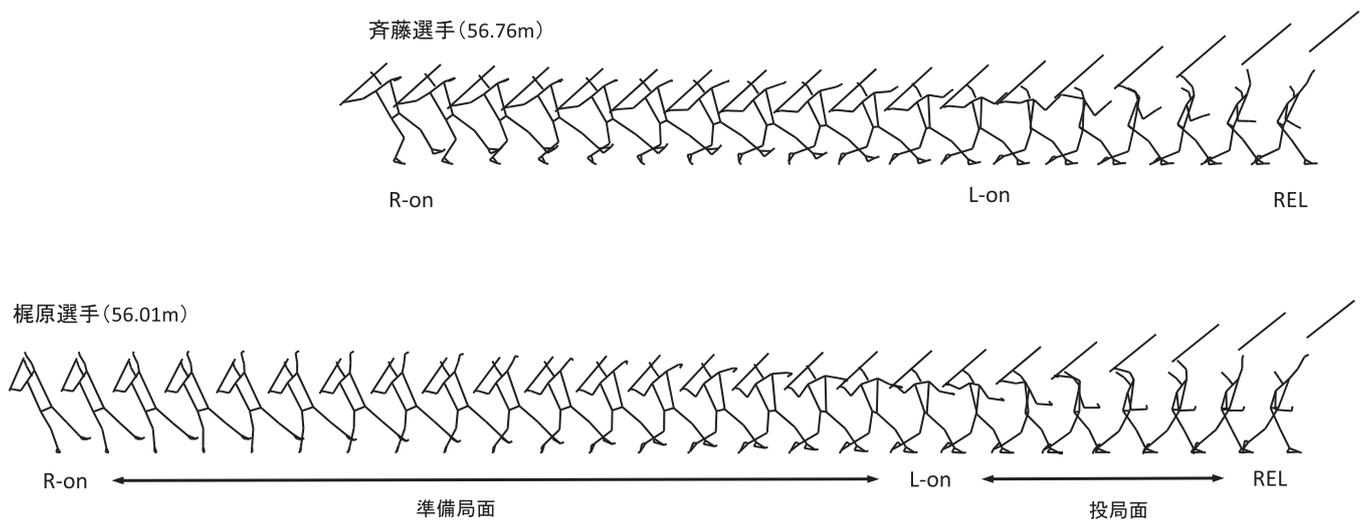


図2 斉藤選手および梶原選手におけるスティックピクチャ（側方からみた図，ピクチャ間の時間は1/60秒）

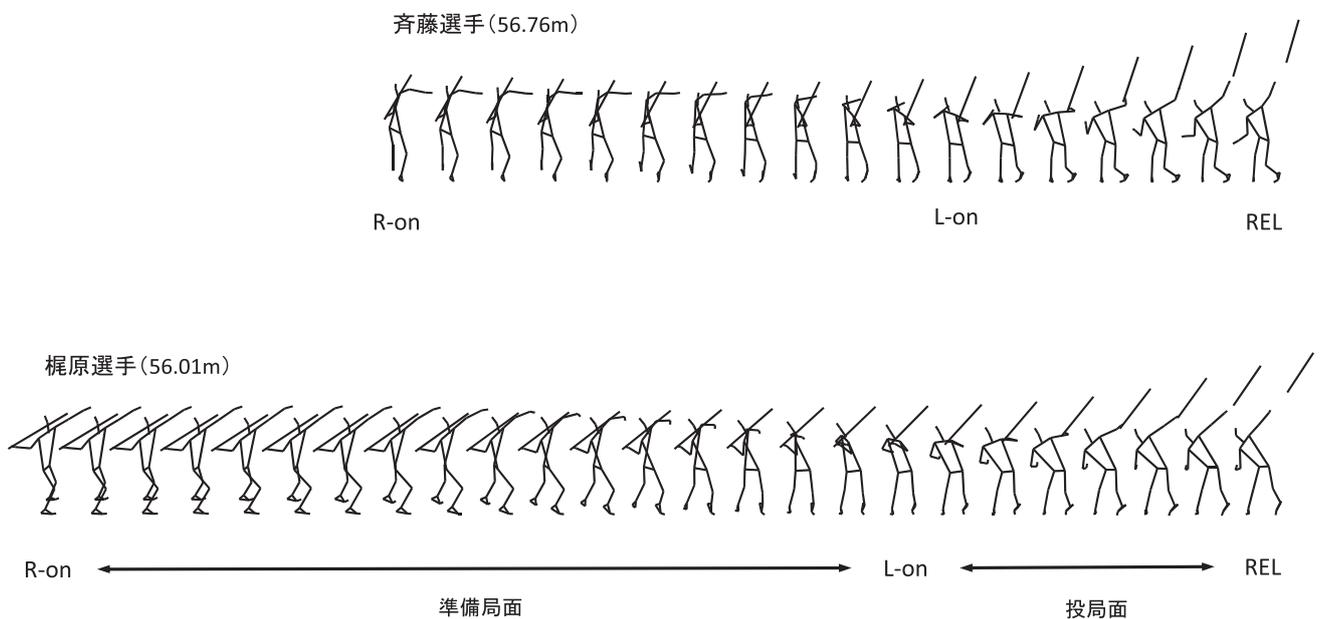


図3 斉藤選手および梶原選手におけるスティックピクチャ（後方からみた図，ピクチャ間の時間は1/60秒）

鎖が生じていたと示唆される。一方、梶原選手のやり速度は、準備局面においても、下肢の貢献だけでなく体幹の長軸回転と上肢の回転が貢献していた。特に体幹の長軸回転は特徴的な貢献をしており、準備局面を通して負の貢献をしていた。投局面に入ると体幹の長軸回転の貢献が急激に高くなり、その後上肢の回転の貢献が高くなることでやりが加速されていた。梶原選手におけるやり速度は、L-on後、体幹の長軸回転の貢献を高めることにより加速されていたと考えられる。

3.3 斉藤選手と梶原選手との比較から見た投てき動作の特徴

上述したように、同程度のリリース速度を獲得した両選手のやり速度への身体各部位の貢献は大きく

異なることが明らかとなった。その動作要因を調査するため両選手のスティックピクチャを図2および3に示した。後方からみたスティックピクチャを観察すると、両選手には、準備局面における腰部および肩の動作に大きな違いがみられた。このことをより詳細に検討するために、図4に腰、肩および捻転の角度を示した。スティックピクチャで確認されたように、R-on時の腰角度は、斉藤選手が梶原選手に比べより左回旋位であり、腰のライン（左右の大転子を結ぶ線分）がいわゆる“開いた状態”であった。肩の角度も斉藤選手が梶原選手に比べより左回旋位であったが、腰角度ほど大きな差ではなかった。その結果、体幹の捻転角度は斉藤選手が梶原選手と比較して大きかった。

斉藤選手の投てき動作は、肩のライン（左右の肩

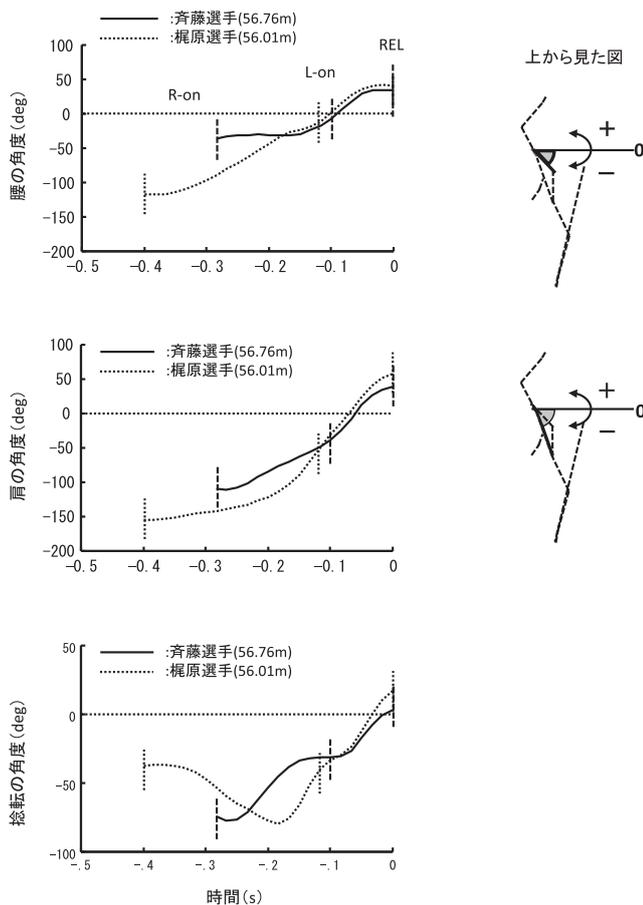


図4 腰，肩，捻転の角度

峰を結ぶ線分)が右回旋位、いわゆる“閉じた状態”を保持し、腰のラインが“開いた状態”で準備局面を迎えることで、体幹の捻転を大きくし、その捻り戻しの力を利用することで、体幹の長軸回転を高めていたと考えられる。さらに、腰のラインをより開いていたことで、助走で得たエネルギーを体幹の起こし回転のエネルギーへと効率よく伝達できていたと考えられる。一方、梶原選手の投てき動作は、腰および肩ラインを“閉じた状態”で準備局面を迎え、準備局面から投局面にかけて、腰と肩を大きく回転させることにより、体幹の長軸回転を高めていたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、斉藤選手および梶原選手が、どのような動作によってやりのリリース速度を獲得しているかを明らかにした。斉藤選手のやりの速度は、助走で得たエネルギーを効率よくやりへ伝達することにより得られていると示唆され、梶原選手のやり速度は、体をコマのように回転させることにより得られていることが示唆された。以上のことから同程度の記録を有する選手でも、その記録を出すための

方策は異なることが明らかとなった。

参考文献

- 田内健二，村上雅俊，高松潤二，阿江通良（2006）砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献－世界レベル選手と日本レベル選手との比較－. 陸上競技研究紀要 2 : 65-73
- 田内健二，遠藤俊典，小林海，藤田善也（2009）女子やり投げ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. 陸上競技研究紀要 5 : 89-92
- 田内健二，藤田善也，遠藤俊典（2012）男子やり投げにおける投てき動作の評価基準. バイオメカニクス研究 16(1) : 2-11