

北口榛花選手における成功試技および失敗試技が生じる要因

瀧川 寛子¹⁾ 山本 大輔²⁾ 前田 奎³⁾

1) 中京大学 2) 天理大学 3) 京都先端科学大学

I. はじめに

2023年8月に開催された世界選手権女子やり投決勝において、北口榛花選手が66.73mを投げて優勝した。また、北口選手は、同年9月に自身の持つ日本記録を更新(67.04m)、さらにはダイヤモンドリーグにおいても年間チャンピオンになるなど、輝かしい成績を収めた。この北口選手の投てき動作を分析することは、当該選手へのサポートのみならず、やり投げ全体の競技力向上に対して大きな意義があると考えられる。やり投げは、同一競技会内における個人内の投てき記録に大きな差が生じやすい。これは北口選手も例外ではなく、6投目に67.38mを投てきし、日本記録を更新したダイヤモンドリーグブリュッセル大会においても、1投目は59.56mとその差は約8mもあった。そこで、本稿では2023年5月6日に開催された第10回木南道孝記念陸上競技大会における北口選手の最も記録の良かった試技(成功試技)と最も記録の悪かった試技(失敗試技)とを比較し、その投てき動作の違いを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、2023年5月6日に開催された第10回木南道孝記念陸上競技大会における北口選手の成功試技(64.43m)および失敗試技(61.25m)とした。

2. 撮影方法

それぞれの投てき試技を、助走路の後方および側方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(FDR-AX55, SONY)を用いて、カメラスピード120 fps, シャッタースピード1/1000 sで撮影した。また、助走路のスターティングライン中央より後方6mの地点を原点とし、縦6m×横4m×高さ2.8mの画角を設

定し、合計9地点にキャリブレーションポールを立てた。本研究では、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台のビデオ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 6, Q's fix)を用いて、やり(グリップ, 先端)および身体各分析点23点を120 fps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次元座標値を算出した。2方向からの映像の同期は、やりのリリース時点のコマを合わせることで行った。算出された3次元座標値は、8 Hzのバターワースローパスデジタルフィルタを用いて平滑化した。

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、R-onからL-onまでを準備局面、L-onからRELまでを投局面と定義した。分析項目は、以下の項目とした。

- 1) リリース速度: リリース時のグリップ速度
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 迎え角: 姿勢角からリリース角を減じた角度
- 5) 動作時間: 準備局面および投局面における経過時間
- 6) 助走速度: 各局面における身体重心の速度
- 7) 歩幅: R-on時の右足つま先からL-on時の左足踵までの長さ
- 8) 左膝角度: 左大腿と下腿とのなす角
- 9) 上肢の機能的長さ: 右肩と右手との距離

10) 上肢の角速度：肩に対するグリップの相対速度
を上肢の機能的長さで除した値

11) 右肘角度：上腕と前腕とのなす角

なお、左膝角度、上肢の機能的長さ、上肢の角速度および右肘角度は、R-on が 0%, L-on が 60%, REL が 100%となるように時間を規格化した。

III 結果および考察

やり投げにおける投てき記録は、合成のリリース速度との間に高い正の相関関係が認められている (Murakami et al., 2006). そこで、両試技における合成のリリース速度をみると、成功試技は失敗試技と比較してより高値を示した。また、リリース速度を成分ごとにみると、成功試技における鉛直方向のリリース速度が失敗試技よりも高く、前方向には大きな差はないことから、合成のリリース速度における差は主に鉛直方向の差に起因するものである。さらに、成功試技はリリース角度も高値を示し、姿勢角および迎え角は低値を示した。このことから、成功試技では迎え角を小さく抑え、より空気抵抗を受けないようにしたうえで、やりを上方へ高く投げ出すような投てき動作であったことが示唆された。表 1 下段に示した基礎的パラメータをみると、動作時間については成功試技は失敗試技に比べて準備局面が長く、投局面が短かった。助走速度は、やり投げのパフォーマンスにおいて最も重要な動作パラメータではあるものの (田内ら, 2012), 本研究においては同程度であり、同一競技会内における個人内の成否には大きく影響しないという瀧川ら (2020) の報告と同様の結果であった。

表 1 リリースパラメータおよび基礎的パラメータ

		成功試技	失敗試技
記録	(m)	64.43	61.25
リリース速度			
左(-)右(+)	(m/s)	2.4	0.0
前後方向	(m/s)	19.5	19.8
鉛直方向	(m/s)	15.6	14.4
合成	(m/s)	25.1	24.5
リリース角度	(deg)	38.7	37.8
姿勢角	(deg)	47.6	49.0
迎え角	(deg)	8.9	11.2
動作時間			
準備局面	(s)	0.225	0.217
投局面	(s)	0.167	0.183
助走速度			
R-on	(m/s)	5.4	5.3
L-on	(m/s)	4.7	4.6
REL	(m/s)	3.1	2.8
歩幅			
前後	(m)	1.66	1.61
左右	(m)	-0.12	-0.23

上述のように、成功試技では失敗試技に比べ鉛直方向のリリース速度が高いことによって合成のリリース速度が高まり、より高い投てき記録となった。このような結果となった要因を探るために、投てき動作についてスティックピクチャ (図 1) に着目すると、投局面における左脚の動作 (ブロック動作) に違いがみられた。さらに、この左脚の動作を詳細に検討するために左膝角度をみてみると (図 2),

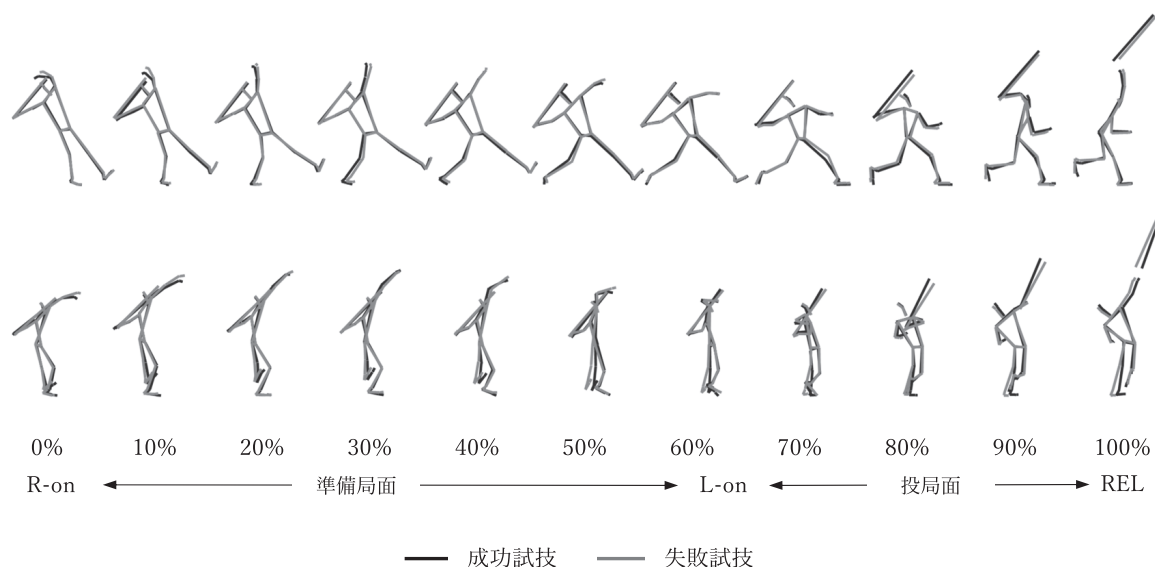


図 1 両試技におけるスティックピクチャ

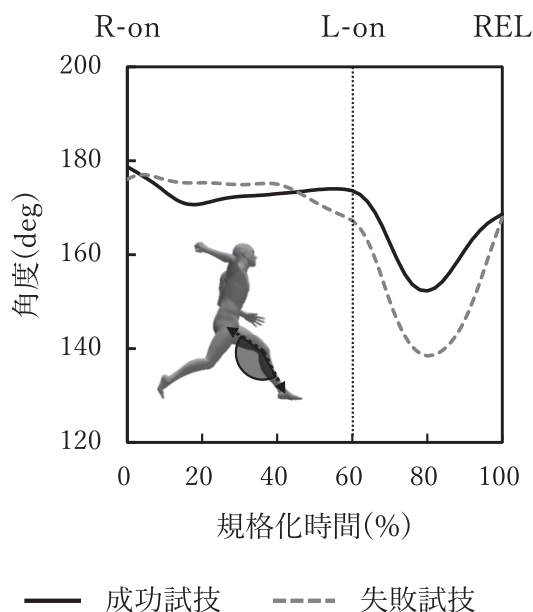


図2 両試技における左膝角度

両試技ともL-onから一度屈曲してRELに向けてさらに伸展するというパターンは同様であったが、L-on時の伸展度およびその後の屈曲度合いに違いがみられた。つまり、成功試技は失敗試技に比べてL-on時により伸展位であり、さらに投局面においてもより伸展位を維持してRELを迎えていたということである。左脚のブロック動作は、より伸展位で接地することが重要であること（田内ら, 2012）や、投局面中に左脚をより伸展位で維持できるか否かが同一競技会内における個人内の投てき記録の良し悪しを決定する要因であること（瀧川ら, 2020）が報告されている。また、投局面中における左膝の角度は鉛直方向のリリース速度との間に相関関係が認められている（Makino and Tauchi, 2022）。これらを考慮すると、成功試技は失敗試技に比べブロック動作時に左膝をより伸展位に維持できたことによって、鉛直方向のリリース速度が高まり、より高いパフォーマンスを発揮できたと考えられる。

また、スティックピクチャから投局面（特に80%）における腕振り動作にも違いがみられた。やり投げでは、末端部（右手）の速度がやりのグリップ速度に直結する。回転運動を伴う投げ動作では、回転半径（上肢の機能的長さ）と回転速度（上肢の角速度）から、この末端部の速度が決定する。従って、より長い上肢をより速い速度で振り回すことができれば末端部の速度は高まり、リリース速度の獲得につながるということになる。そこで、本稿では両試技における上肢の機能的長さ、および上肢の角速度を検討した（図3）。その結果、上肢の角速度は同程度であったが、上肢の機能的長さは投局面に

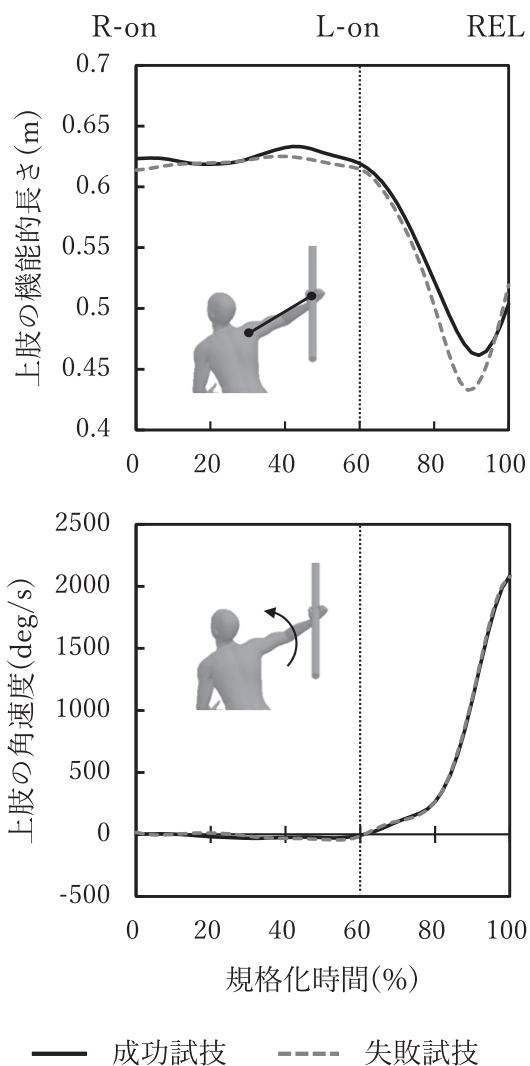


図3 両試技における上肢の機能的長さおよび角速度

において成功試技が失敗試技に比べてより大きな値を示した。さらに、投局面において右肘がより伸展していた（図4）ことから、成功試技は上肢をより伸ばした状態で腕振り動作を行ったことによって、回転半径が大きくなり、末端部の高い速度を獲得できたと考えられる。先述のブロック動作と上肢の腕振り動作との因果関係はこの結果のみでは追求できないが、ブロック動作によって運動エネルギーが下肢から上肢へと伝達されることを考慮すると、少なからず影響していると考えられる。

IV. まとめ

今年、北口選手は自身の日本記録を更新し、さらに世界一となるなど輝かしい成績を収めた。本稿では、同一競技会内において個人内の投てき記録に優劣が生じる要因を検討するために、世界トップ選手である北口選手を対象に、最も記録の良かった試技（成功試技:64.43m）と最も記録の悪かった試技（失

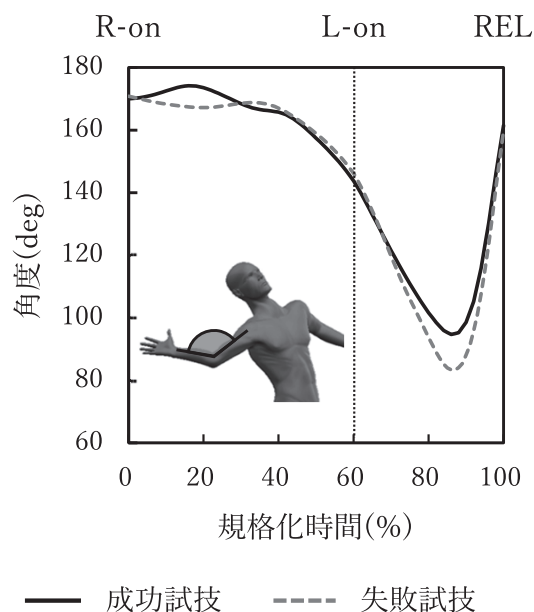


図4 両試技における右肘角度

敗試技：61.25 m) とを比較した。その結果，成功試技は失敗試技に比べて鉛直方向および合成のリリース速度が高く，迎え角が小さかった。また，これらの要因として，成功試技は失敗試技に比べて投局面中における左膝がより伸展位を維持していたことや，投局面中盤において右肘がより伸展していたことによって上肢の回転半径が大きくなった状態で腕振りを行っていたために末端部の速度が高まったことが示唆された。

参考文献

- Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P.V. & Ito, M. (2006). Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 21: 67-80.
- Makino and Tauchi (2022) Kinematic Factors Related to Forward and Vertical Release Velocity in Male Javelin Throwers. *International Journal of Sport and Health Science* 202146.
- 瀧川寛子, 堀内元, 田内健二 (2020) 女子やり投げ競技者における成功試技と失敗試技とが生じる動作要因の検討. *体育学研究*, 65: 143-152.
- 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.