

静岡国際における女子円盤投の日本人上位3名の Best 試技と Worst 試技比較

山下 直紀¹⁾ 新垣 太世¹⁾ 山手 勇一¹⁾ 杉田 正明²⁾

1) 日本体育大学大学院 2) 日本体育大学

1. 緒言

円盤投は男子は2kg, 女子は1kgの円盤を投てきしその飛距離を競うが, 男子選手と女子選手は円盤の加速動作に特徴の違いがみられることが報告されている(山本, 2015). また, 男子選手は世代によって用いる円盤の規格が異なるが, 女子選手は国内で全国大会が行われるU16世代からシニアに至るまで同規格の円盤が用いられる. したがって, 女子選手の指導を行う場合は投てきが失敗した要因が体力的要因の差によるもので即時の解決が難しいのか, または個人内の動作的課題によるもので即時に改善可能かを慎重に検討する必要があると考えられる. 動作的課題を明確にする方法について, スキルの高い選手の成功試技と失敗試技の動作を比較する方法が提案されており(阿江・藤井, 2002), 試技の成否を分ける要因を検討し蓄積していくことは指導現場において有益な情報であると考えられるが, 投てき種目における報告は少ない(前田ら, 2018; 塚田ら, 2018; 山本ら, 2019, Yamashita et al., 2022). 試合中のアドバイスは主に動作や技術について行われており(阿部, 2006), スポーツにおける声掛け行為や意識はパフォーマンスのサポート行動として非常に重要な役割を果たすため(夏原, 2018), 指導現場で活用可能な知見を得るためには, アンケートによるコーチの観点の抽出(前田, 2022)のみならず, 試合における動作の比較を行う必要があると考えられる. そこで, 本研究では静岡国際陸上の日本人上位3名を対象に最も記録の良かった試技(Best 試技)と最も記録の低かった試技(Worst 試技)を比較することで, 国内トップレベルの女子円盤投選手において記録低下要因を明らかにすることを目的とした.

2. 方法

2.1. 対象者

2023年5月3日に静岡県小笠山総合運動公園静岡スタジアムにて行われた第38回静岡国際陸上の女子円盤投決勝における日本人選手上位3名(Best 試技: $53.06 \pm 2.44\text{m}$; Worst 試技: $49.16 \pm 3.07\text{m}$)を分析対象とした(1位: 選手A, 2位: 選手B, 3位: 選手Cとする). なお, 本研究におけるデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の活動の一環として行われた.

2.2. データ収集および分析方法

選手の動作およびキャリブレーションは2台のデジタルビデオカメラ(SONY社製, AX-700)を用いて, サークルの後方および右側方から, 撮影スピードは120Hz, シャッタースピードは1/1000秒で撮影した. 投てき方向をY軸, 鉛直方向をZ軸, 投てき方向に対して左右方向をX軸とした右手系静止座標系を定義した. キャリブレーション範囲はサークルを囲むX軸方向に3m, Y軸方向に4m, Z軸方向に3mとし, 競技開始前に予め撮影しておいた. その後全試技を撮影し, 各対象者のBest 試技とWorst 試技の映像から身体各部位23点および円盤中心1点の計24点をFrame-Dias VI (Q'sfix社製)を用いてデジタル化し, 3次元DLT法によって3次元座標値を算出した. 得られた3次元座標値をWells and Winter (1980)の方法により分析点ごとに最適遮断周波数(8~15Hz)を決定し, Butterworth low-pass digital filterを用いて平滑化した. コントロールポイントの実測値と計算値との平均誤差は, X軸方向が0.007m, Y軸方向が0.005m, Z軸方向が0.009mであった.

2.3. 動作の局面定義

本研究における円盤投の局面分けを図1に示し

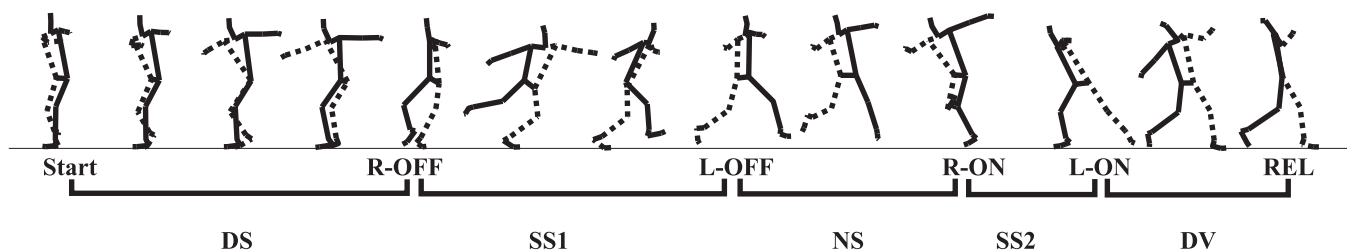
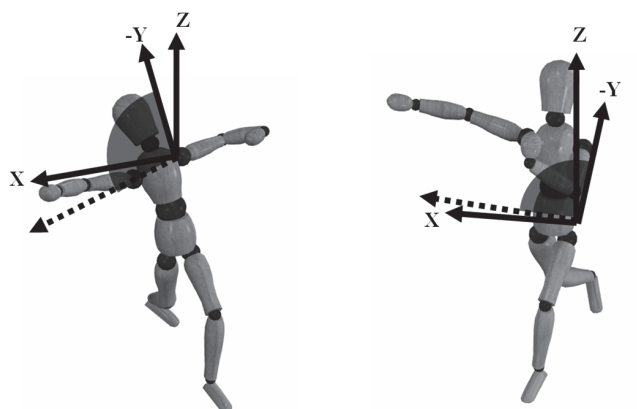


図1 動作区分点および局面分け



肩の回転角度

腰の回転角度

図2 肩と腰の回転角度

た. 分析区間は, ターン動作開始時 (Start) から円盤のリリース (REL) までとし, 右足離地 (R-OFF) から順に左足離地 (L-OFF), 右足接地 (R-ON), 左足接地 (L-ON) を動作区分点とした. Start から R-OFF までを両足支持局面 (DS), R-OFF から L-OFF までを左脚支持局面 (SS1), L-OFF から R-ON までを非支持局面 (NS), R-ON から L-ON までを右脚支持局面 (SS2), L-ON から REL までを投げ局面 (DV) とした. なお, 本研究では主に SS2 局面以後に着目して報告する.

2.4. 分析項目

1) 投射の初期条件

REL における円盤の合成速度 (初速度; m/s) と水平成分と鉛直成分の円盤速度 (m/s) および投射角 (deg) と投射高 (m) とした.

2) 円盤速度増加量 (m/s)

円盤速度増加量は円盤の初速度と L-ON 時の円盤速度の差とした.

3) 円盤の移動距離 (m)

XY 平面における円盤中心の変位を積算して算出した.

4) 体幹の角度 (deg)

図2は本研究の体幹に関する角度定義を示したも

のである. 本研究では体幹に関する角度として, 肩および腰の水平回転角度を算出し, 各局面における変化量を算出した. 肩の水平回転角度は, 上方からみて左肩関節から右肩関節へ向かう肩ベクトルが静止座標系の $-Y$ 軸 (投てき方向と逆) と平行であるときを 0° , X 軸と平行であるときを 90° とした. また, 腰の水平回転角度は, 上方からみて左大転子から右大転子へ向かう腰ベクトルが静止座標系の $-Y$ 軸 (投てき方向と逆) と平行であるときを 0° , X 軸と平行であるときを 90° とした.

3. 結果と考察

3.1. 初期条件

表1に, 対象者の投てき記録および初期条件を示した. 選手Aでは初速度が低下しており, 成分毎にみると円盤速度の水平成分が低下し, 鉛直成分は増加していた. 投射角は大きくなり, 投射高はわずかに低くなった. 選手Bも同様に初速度および円盤速度の水平成分が低下しており, 鉛直成分は3名の中で最も増加していた. 投射角及び投射高はともに高い値を示した. 選手Cは初速及び水平成分は他の2人と同様に低下していたが, 鉛直成分についても低下していた. 投射角はわずかに小さくなり, 投射高は同じであった.

以上のことから, 記録に最も影響を与える要因である円盤初速が低下し (Bartlett, 1992; Hay and Yu, 1995), 主に水平成分の低下が生じていた. 選手Aと選手Bは水平成分の低下に加えて鉛直成分の増加がみられ, 投射角も高かったことから上方に投げ上げるような動作になっていたと推察される. 選手Cは鉛直成分も低下し, 投射角も低くなっていたことから, 水平および鉛直成分ともに獲得に失敗していた. 山本ら (2010) によると記録と投射高の身長比の間に関係はみられず, 本研究における投射高の変化についても対象者ごとに様々であったため, 記録への影響は少ないと考えられる.

表1 記録と初期条件

		記録 (m)	円盤速度 (m/s)			投射角 (deg)	投射高 (m)
			水平成分	鉛直成分	初速度		
選手A	Best	55.79	17.49	11.63	21.01	33.62	1.38
	Worst	51.25	16.03	11.95	20.00	36.70	1.33
選手B	Best	52.30	16.56	11.40	20.11	34.55	1.24
	Worst	50.59	15.45	12.59	19.93	39.18	1.38
選手C	Best	51.10	17.77	10.22	20.49	29.91	1.27
	Worst	45.63	17.04	9.74	19.63	29.75	1.27

表2 各地点の円盤速度と円盤速度増加量 (DV)

		各時点の 円盤速度(m/s)					円盤速度 増加量(m/s)	DV局面
		Start	R-OFF	L-OFF	R-ON	L-ON		
選手A	Best	0.16	3.85	7.05	6.63	7.00	21.01	14.01
	Worst	1.05	3.73	7.32	6.95	7.22	20.00	12.78
選手B	Best	0.96	4.34	7.70	7.61	6.48	20.11	13.63
	Worst	0.92	4.07	7.41	7.61	6.38	19.93	13.55
選手C	Best	1.37	5.67	6.92	5.91	6.82	20.49	13.67
	Worst	1.70	5.52	6.96	6.00	7.62	19.63	12.01
世界上位3名 平均±SD		1.07±0.18	5.91±1.47	6.78±0.86	5.87±1.19	7.38±1.67	23.81±0.38	16.43

(世界上位3名のデータは山本ら (2020) より引用)

3.2. 円盤速度増加量の違い

表2には各地点における円盤速度とDV局面における円盤速度増加量を示した。また、山本ら (2020) より2007年に行われた世界陸上大阪大会における女子円盤投上位選手3名の、各地点における円盤速度の平均および標準偏差を示した。選手AはR-ONからRELに向かって円盤速度が大きくなっていた。また、Worst試技においてL-OFF, R-ON, L-ONで円盤速度が高く、DV局面における円盤速度増加量は小さかった。選手BはR-ONからL-ONにかけて円盤速度が低下し、主にL-ONからRELにかけて円盤速度を増加させていた。R-ONの円盤速度は変わらず、L-ONでの円盤速度がWorstで小さかった。DV局面における円盤速度増加量もWorstにおいて小さかった。選手Cは選手Aと同様にR-ONからRELに向けて円盤を加速させていた。Worst試技のL-ONにおける円盤速度は大きかったが、DV局面における円盤速度増加量は小さかった。

世界の選手と日本の選手においてL-ON時における円盤速度は類似しているがDV局面における円盤速度増加量が世界一流選手で大きく、これにより最終的な円盤初速および記録の違いが生じていたと報告されている(山本ら, 2020)。また、日本人女子円盤投選手において記録が優れている選手ほど円盤

表3 DV局面における肩と腰の回転量と円盤移動距離

		肩回転角度	腰回転角度	円盤移動距離
		(deg)	(deg)	(m)
選手A	Best	185.51	117.47	2.08
	Worst	172.61	92.29	1.79
選手B	Best	208.53	112.80	2.14
	Worst	194.85	110.99	2.12
選手C	Best	178.35	109.41	2.18
	Worst	163.96	98.98	2.05

初速のみならず円盤速度増加量も大きいことが報告されている(Yamashita et al., 2022)。したがって、本研究の対象者全員においてDV局面における円盤速度増加量にBestとWorstで差があったことは、記録低下に関わる重要な要因であると考えられる。

3.3. 体幹の回転と円盤の移動距離

表3にはDV局面における肩と腰の回転角度と円盤の移動距離を示した。選手3名ともDV局面における肩回転角度、腰回転角度がWorst試技で小さくなっており、円盤移動距離は短くなっていた。

世界一流選手と日本一流選手のDV局面における

円盤速度増加量の違いは、DV局面における円盤移動距離の違いによるものであるという報告から（山本ら，2020），本研究においてBestとWorstで比較を行ったところ，円盤移動距離は短くなっていた。また，肩の回転角度も小さくなっていたことは，DV局面における円盤移動距離は肩回転の大きさに影響を受けることを示しており，円盤速度をR-ONから増加させる選手Aと選手C，L-ONから増加させる選手Bといった円盤速度の増加パターンに関わらず，DV局面における肩の回転を大きくできなかったことが記録低下の要因であると考えられた。

4. まとめ

本研究では国内トップレベルの女子円盤投選手において記録が低下する要因を明らかにすることを目的に，Best試技とWorst試技の比較を行った。Worstでは円盤初速が低下しており，2名の選手で上方向に投げ上げる傾向がみられたが，特に水平成分の速度の獲得に失敗していたことが記録低下の要因であると考えられた。また，DV局面における円盤速度増加量が低下しており，肩の回転が小さくなったことで円盤の移動距離が短くなったことに起因するものと考えられた。DV局面における円盤速度増加量の違いは，世界の選手との円盤初速と記録の差を生む要因でもあることから，DV局面においてより大きな水平成分の速度を獲得することができるよう動作を修正するための指導を行うことができれば，その後の自己記録の向上にもつながると考えられる。

引用文献

阿部征次（2006）陸上競技の試合におけるコーチのアドバイス—インターハイフィールド種目について—。東京女子体育短期大学紀要，41：25-33。
阿江通良・藤井範久（2002）スポーツバイオメカニクス20講。朝倉書店：東京，p6。
Bartlett, R. M. (1992) . The biomechanics of the discus throw: A review. Journal of Sports Sciences, 10: 467-510。
Hay, J.G. and Yu, B. (1995) Critical characteristics of technique in throwing the discus. Journal of Sports Sciences, 13 ;125-140。
前田奎，瀧川寛子，塚田卓巳，村上雅俊，田内健二（2018）山下航生選手における日本高校新記録

の投てき動作の特徴— 58.38mと56.24mの比較—。陸上競技研究紀要，14：206-210。

前田奎（2022）円盤投における投てき動作の成否に関わる観点。コーチング学研究，35（2）：309-310。

夏原隆之（2018）運動時の声かけは周囲への注意にどのような影響を及ぼすのか。千葉体育学研究，40：15-20。

塚田卓巳，瀧川寛子，中西啄真，山本大輔，村上雅俊，田内健二（2018）世界トップレベル女子やり投げ選手における成功投てきと失敗投てきの比較。陸上競技研究紀要，14：125-127。

Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. Proceedings of the special conference of the Canadian society for biomechanics, Human locomotion, 1: 92-93。

山本大輔，伊藤章，田内健二，村上雅俊，淵本隆文，田邊智，遠藤俊典，竹迫寿，五味宏生（2010）円盤投げのキネマティクスの分析。世界一流選手のパフォーマンスと技術：189-200。

山本大輔（2015）円盤投げにおける男女間の円盤加速動作の違い。天理大学学報，66(3)：9-16。

山本大輔，村上雅俊，塚田卓巳，加藤忠彦，瀧川寛子（2019）堤選手における円盤投動作の特徴— 61.64mと53.15mの比較—。陸上競技研究紀要，15：261-264。

山本大輔，瀧川寛子，野中愛里，村上雅俊（2020）2020年日本選手権大会における女子円盤投げ上位3名のキネマティクス。陸上競技研究紀要，16：207-212。

Yamashita, N. Horiuchi, K. Hatakeyama, S. and Ae, M. (2022) Comparison of success and failure trials by female discus throwers. ISBS Proceedings Archive: Vol. 40: Iss. 1, Article 189 : 783-786.