

2025年広島インターハイにおける女子円盤投げ選手のリリースパラメーター

山本 大輔¹⁾ 瀧川 寛子²⁾ 藤井 宏明³⁾ 高松 潤二⁴⁾

1) 天理大学 2) 中部学院大学 3) 福山平成大学 4) 流通経済大学

1. はじめに

2025年7月にホットスタッフフィールド広島にて第78回全国高等学校陸上競技対校選手権大会が開催された。本稿では女子円盤投種目において決勝に進出した選手を対象に動作解析を実施した。高校の女子円盤投は、直径2.5mのサークル内で約1回転半のターン動作を用いて1kgの円盤を投げ出し、その距離を競う競技である。円盤投げは男女間で投てき物の重量(男子2kg, 女子1kg)が異なっており、この重量差に加えて身体・体力的特性の違いから世界一流選手においても男女間で円盤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(山本ほか, 2015)。また、円盤重量が同じ女性選手同士であっても、競技レベルの高い世界一流選手とジュニア期の選手では体力レベルが異なることは容易に推察でき、円盤の加速技術に違いがみられる可能性もある。本稿では第78回全国高等学校陸上競技対校選手権大会における女子円盤投で決勝に出場したジュニア期の選手を対象に、今後のパフォーマンス向上の一助となる情報を提供することを目的に投てき動作の基礎パラメータについて報告することとした。

2. 方法

2.1. 対象者

本研究の対象者は、2025年7月27日にホットスタッフフィールド広島にて開催された第78回全国高等学校陸上競技対校選手権大会の女子円盤投種目において決勝に進出した12名の選手(2025IH, Record: 41.66 ± 2.32m)とした。なお、すべての対象者は右手投げであった。

また本稿では初期条件について、2024年に開催された第108回日本陸上競技選手権大会の女子円盤投における上位8名(2024NCH, Record: 51.04 ± 4.65m)および2007年に大阪にて開催された第11

回世界陸上競技選手権大阪大会の女子円盤投における上位8名(2007WCH, Record: 63.48 ± 1.94m)の平均値も参考値として示し比較検討した。

2.2. 測定方法とデータ処理

女子円盤投の決勝において、すべての試技を円盤サークルの右後方および左後方のスタンドに設置した2台のハイスピードカメラ(GH6, Panasonic社製)を用いて240fps、シャッタースピード1/2000秒で撮影した(図1)。また、投てき方向5m×左右4m×高さ3mの画角を設定し、9ヶ所に較正点間の距離が分かっているキャリブレーションポールを垂直に立ててあらかじめ撮影しておいた。なお、本稿で分析を行った第78回全国高等学校陸上競技対校選手権大会および参考値として示す第108回日本陸上競技選手権大会と第11回世界陸上競技選手権大会におけるデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の投てき班の活動の一環として行われたものである。

撮影によって得られた試技の映像をもとに、身体分析点4点(両肩関節, 両股関節)と円盤中心の計5点を動作分析ソフト(Frame-DIAS6, Q'sfix)を用いて120fpsでデジタイズし、3次元座標値を取得した。肩関節および股関節の中心点の座標値は、両肩関節あるいは両股関節の midpoint として後に算出し

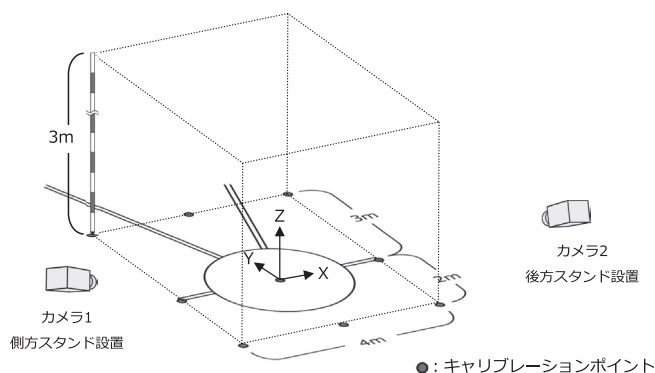


図1 撮影条件

た。得られた3次元座標値は4次のバターワースを用いて10Hzで平滑化し、分析項目の算出に利用した。なお、本研究における較正点の実測値と計算値の平均誤差範囲は、投てき方向（静止座標系におけるy軸方向）が0.008m、左右方向（x軸）は0.008m、鉛直方向（z軸）は0.011mであった。

2.3. 分析項目

本研究では、対象者の投てき動作の特徴を明らかにするために以下の項目について算出した。

- 1) 初期条件：リリース時の各軸方向の円盤速度 (m/s)、xy平面における水平速度 (m/s)、合成の円盤速度（初速度, m/s）、投射方向 (deg)、投射角 (deg)、投射高 (m) とした。投射方向はxy平面における投てき方向に対する角度とし、投てき方向に対して右方向を+、左方向を-の値として算出した。また、投射角は水平速度とz軸の円盤速度（鉛直速度）から算出した。
- 2) 円盤速度に対する身体各部位の貢献度 (m/s)：田内ほか(2007)の下肢-体幹-上肢モデル(図2)を用いて投てき方向(y軸)と左右方向(x軸)の円盤速度に対する身体各部位の貢献度をそれぞれ算出し、その後xy平面における円盤の進行方向に一致する成分を抽出した。

身体各部位の貢献度は、①腰中点の並進運動によって生み出された円盤速度（下肢）、②腰中点と肩中点を結ぶ線分の傾きによって生み出された円盤速度（体幹の起こし）、③肩中点と右肩を結ぶ線分の長さが体幹の左右への傾倒などによって変化することで生み出された円盤速度（体幹の伸縮）、④肩中点と右肩を結ぶ線分の回転によって生み出された円盤速度（体幹の回転）、⑤右肩と円盤中心を結ぶ線分の長さが上肢の外転などによって変化することで生み出された円盤速度（上肢の伸縮）、⑥右肩と円盤中心を結ぶ線分の回転によって生み出された円盤速度（上肢の回転）とし、6つの動作それぞれによって生成された円盤速度を貢献度 (m/s) として示した。なお、この下肢・体幹の起こし・体幹の伸縮・体幹の回転・上肢の伸縮・上肢の回転の各動作による貢献度の合計はxy平面における円盤中心の水平速度と一致することになる。本稿では特にリリース時の貢献度について示した。

2.4. 統計方法

2要因間の関係を明らかにするためにピアソンの積率相関を用いて分析を行い、有意確率5%未満をもって有意と判定した。

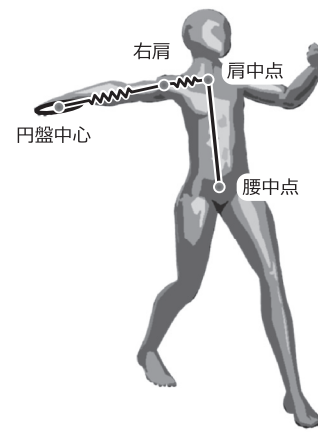


図2 下肢-体幹-上肢モデル

3. 結果と考察

3.1. 投てき記録と初期条件

円盤投げではその形状から空力学的な影響を受けやすく、初速度・投射角・投射高以外にも姿勢角や迎え角、円盤の回転数といった要素や、風速や風向といった外的な要因も記録に深い関わりがあることが知られている（前田, 1995）。しかしながら、他の投てき種目と同様に初期条件の中では初速度が投てき記録に非常に大きな影響を及ぼす要因であることはこれまでの研究においても確認されている（Hay, 1985；山本ほか, 2010；前田ほか, 2025）。表1には2025IHにおける各対象者の初期条件と2024NCHおよび2007WCHの平均値を示した。

また、図3～5には2024NCHおよび2007WCHのデータを含めた初期条件における投てき記録と各項目との相関関係について示した。円盤速度における各方向成分と投てき記録との関係（図3左）をみると、投てき方向と鉛直方向だけでなく左右方向についても投てき記録との間に有意な正の相関関係が認められた。また、初速度と水平速度についてもそれぞれ投てき記録との間に有意な正の相関関係が認められた（図3右）。初速度と（ $r = 0.975$ ）と水平速度（ $r = 0.860$ ）については相関係数が高い値を示しており、先述の通り投てき記録を高めるうえで初速度および水平速度が非常に重要な要因であることが再確認された。

一方、投てき記録と投射角との間には有意な相関関係（ $r = 0.101, p=0.611$ ）は認められなかった（図4）。投射角は至適範囲に調整することが重要であるが、本稿では $34.65 \pm 2.69\text{deg}$ の範囲に分布しており先行研究と類似した値を示していた（Gregor, et al., 1985；前田, 1995；山本ほか, 2010）。

投てき記録と投射方向との間にも有意な相関関

表 1 各対象者の初期条件

氏名	記録 (m)	円盤速度 (m/s)					投射方向 (deg)	投射角 (deg)	投射高 (m)
		X速度	Y速度	Z速度	水平速度	合成速度			
近田 ココ	46.71	1.40	17.68	11.41	17.74	21.09	4.54	32.8	1.51
東 かれん	44.22	-0.67	17.43	11.09	17.44	20.67	-2.20	32.4	1.62
村山 ジョイ希望	43.24	1.07	18.26	9.92	18.29	20.80	3.34	28.5	1.48
益井 莉桜	42.31	2.09	15.52	12.03	15.66	19.75	7.66	37.5	1.47
北沢 真輝	41.88	0.39	17.14	10.43	17.14	20.07	1.32	31.3	1.35
矢野 奈都子	41.68	1.95	17.19	10.31	17.30	20.13	6.48	30.8	1.62
松原 奏空	41.07	-0.33	16.82	10.75	16.82	19.97	-1.13	32.6	1.58
山口 凜桜	41.04	2.29	15.97	11.43	16.13	19.77	8.15	35.3	1.46
稲葉 比呂	40.13	1.56	16.40	10.73	16.47	19.66	5.44	33.1	1.49
永田 麗紗	40.07	5.01	15.06	11.77	15.87	19.75	18.40	36.6	1.37
藤田 結愛	39.82	-2.58	15.74	11.59	15.95	19.71	-9.31	36.0	1.87
松浦 侑瑞	37.75	-0.85	14.60	12.47	14.63	19.22	-3.33	40.5	1.62
2025 IH (n = 12)	41.66 ± 2.32	0.94 ± 1.94	16.48 ± 1.12	11.16 ± 0.76	16.62 ± 1.03	20.05 ± 0.54	3.28 ± 7.03	33.9 ± 3.3	1.54 ± 0.14
2024 NCH (n = 8)	51.04 ± 4.65	2.51 ± 0.88	17.34 ± 0.73	12.24 ± 0.92	17.54 ± 0.70	21.40 ± 0.81	8.25 ± 2.96	34.9 ± 2.2	1.51 ± 0.13
2007 WCH (n=8)	63.48 ± 1.94	2.83 ± 1.77	18.96 ± 0.67	13.33 ± 0.64	19.24 ± 0.77	23.42 ± 0.58	8.41 ± 5.13	34.7 ± 2.0	1.64 ± 0.13

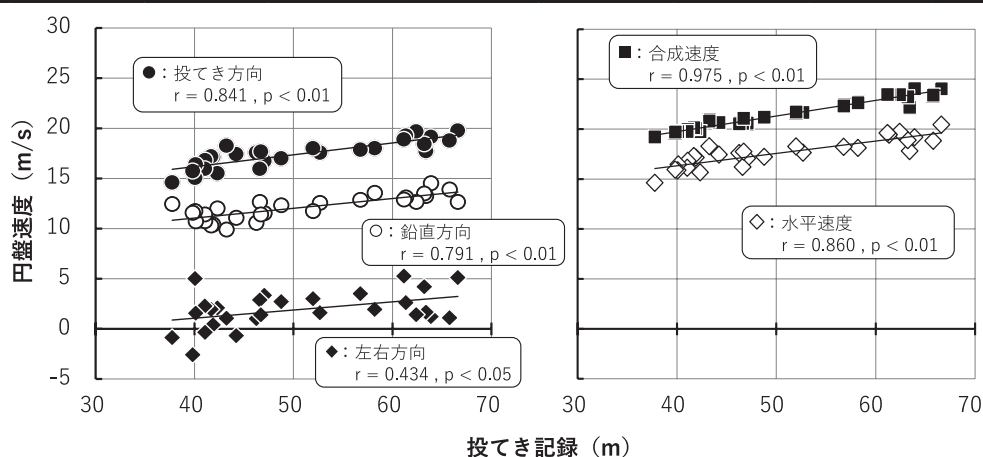


図 3 円盤速度と投てき記録との関係

係 ($r = 0.357, p = 0.062$) は認められなかったものの、その傾向がみられた (図 5)。投射方向に関して、右方向へ投射された円盤は回転数が高くなりやすいことや、円盤の回転数の増加は円盤の軸の横揺れやピッチングモーメントを小さくすることに寄与することなどが報告されている (Soong, T. C., 1976; 前田, 1995)。2025IH の選手に着目すると投射方向にはややばらつきがみられ、投てき方向に対して左方向に投げ出している選手が数名みられたが、2024NCH と 2007WCH の選手は投射方向が $3.3 \sim 15.6 \text{ deg}$ で分布しすべての選手が投てき方向に対してやや右方向に投げ出していた。投てき記録の高い選手はリリース時の鉛直速度が大きく投射後の円盤の滞空時間は長くなるため、飛行中に風など外的要因の影響をより長く受けてしまう。円盤をより長く安定して飛行させるためにも円盤の回転数を高めやすい右方向へ投げ出していたのかもしれない。しかしながら、本研究では各大会での風向きや風速、

あるいは円盤の回転数は測定できていないため、なぜ投てき記録の良い選手ほどやや右方向に投射している傾向にあったのかについては明らかにできなかった。

また、投射高についても投てき記録との間に有意な相関関係 ($r = 0.283, p = 0.145$) は認められなかった。弾道方程式において投射高は投射距離を決定づける一要因ではあるもののその影響は小さく、投射高だけを高くしようとするとリリースの際に競技者の姿勢が崩れることに繋がる可能性があると報告されている (前田ほか, 2025)。より高い位置で投げ出すことを意識するのではなく、選手それぞれの身体的特性に応じたリリース姿勢・リリース高で投げ出すことが重要であると考えられる。本稿では全体で $1.30 \sim 1.87\text{m}$ の範囲に分布していた。

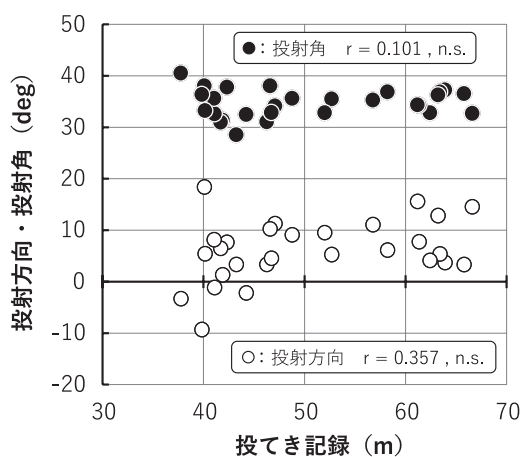


図4 投射方向および投射角と投てき記録の関係

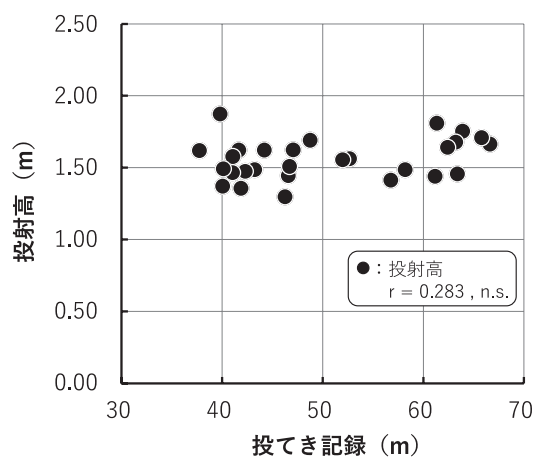


図5 投射高と投てき記録との関係

表2 リリース時の円盤の水平速度に対する身体各部位の貢献度

氏名	貢献度 (m/s)					
	下肢	体幹の起こし	体幹の伸縮	体幹の回転	上肢の伸縮	上肢の回転
近田 ココ	0.14	2.40	-0.46	9.92	3.55	2.32
東 かれん	0.85	0.61	-0.32	14.24	4.91	-2.63
村山 ジョイ希望	0.56	1.46	-0.10	7.86	4.57	4.10
益井 莉桜	0.01	1.69	-0.16	6.94	3.86	3.42
北沢 真輝	0.16	1.90	-0.18	11.34	5.38	-1.44
矢野 奈都子	0.97	0.11	-0.12	11.05	4.77	0.50
松原 奏空	1.07	-0.51	-0.10	12.26	4.31	-0.27
山口 凜桜	0.65	0.69	-0.27	5.71	5.10	4.34
稲葉 比呂	0.22	0.53	-0.34	8.48	4.83	2.87
永田 麗紗	0.55	0.45	0.03	10.58	3.60	0.93
藤田 結愛	0.63	0.33	-0.32	10.67	2.35	2.43
松浦 侑瑞	0.72	0.68	-0.13	11.94	2.82	-1.35
平均値±S.D.	0.54 ± 0.34	0.86 ± 0.83	-0.21 ± 0.14	10.08 ± 2.43	4.17 ± 0.94	1.27 ± 2.33

3.2. リリース時の円盤の水平速度に対する身体各部位の貢献度

本研究では、リリース時の水平速度と投てき記録との間に強い正の相関関係が認められた。そこで、水平速度に対する身体各部位の貢献度を算出した。表2には、各対象者の円盤の水平速度に対する身体各部位の貢献度を示した。全体で見た場合、最もリリース時の水平速度に貢献していたのは体幹の回転動作であり、水平速度のうち平均で10.08m/sの速度を生み出していたことが明らかとなった。続いて貢献が大きかったのは上肢の伸縮で、リリースに向けて肩関節の外転や円盤が手から離れていく動作により平均で4.17m/sの水平速度を生成していたことが分かった。

また、図6は表2を積み上げグラフにして示したものである。このグラフにおける正の値は水平速度に対してプラスに働いた動作の合計を示し、負の値

は水平速度に対してマイナスに働いた動作の合計を示している。

例えば東選手の場合、体幹の回転により生み出した水平速度は他の選手と比較して非常に大きいのが特徴で、下肢、体幹の起こし、体幹の回転、上肢の伸縮で約20.6m/sもの水平速度を生み出していた。一方で、上肢の回転と体幹の伸縮の動作は円盤の水平速度に対して3m/s程度マイナスに働いていたことが分かる。また、永田選手は負の値がみられないことから、全ての動作が円盤の水平速度に対してプラスに働くようなフィニッシュ動作であったことが伺える。

この貢献度に関しては相対的に上肢を大きく貢献させるタイプや体幹を大きく貢献させるタイプが存在し、日本一流選手においても身体各部位の貢献の仕方は必ずしも一様ではないことが報告されている(田内ほか, 2007; 山本ほか, 2020)。選手の身体的

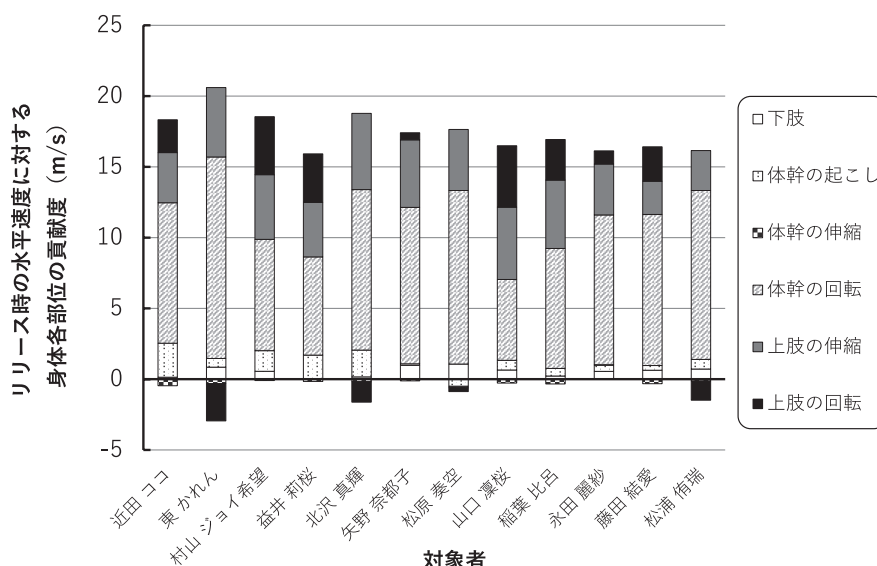


図6 各対象者の水平速度に対する身体各部位の貢献度

特性や体力特性によって最適な円盤加速動作に関する戦略は異なる可能性があることから、単純に他者と比較することや貢献度の一部に着目し戦略を考えることには注意が必要であろう。

3. まとめ

本稿では、2025年に開催された第78回全国高等学校陸上競技対校選手権大会における女子円盤投の決勝に出場した12名の動作を対象にリリース時の基礎的なパラメータについて、2024NCHや2007WCHのデータなども踏まえながら報告した。ジュニア世代の選手達にとって今後のパフォーマンス向上に向けた取り組みや戦略を検討する際の一助になることを期待したい。

3. 引用文献

- 1) Hay, J. G. (1985) Track and Field: Throwing. In: Chrznowski, C. (eds) The Biomechanics of Sports Techniques (3rd Edition). Prentice-Hall, 475-519.
- 2) 前田奎, 大山卞圭悟, 山本大輔, 尾縣貢 (2025) 円盤投における世界一流競技者と日本一流競技者の投てき動作の比較. 体育学研究, 70, 587-606.
- 3) 前田正登 (1995) 円盤投げにおける投射初期条件. スポーツ方法学研究, 8 (1), 29-38
- 4) Soong, T. C. (1976) The dynamics of discus throw. J. Appl. Mechanics, 43, 531-536.
- 5) 田内健二, 持田尚, 村上雅俊, 阿江通良 (2007) 男子一流円盤投げ選手の技術分析—円盤速度に対

する身体各部位の貢献度について— 陸上競技研究紀要, 3: 127-131.

- 6) 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.
- 7) 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) 円盤投のキネマティクスの分析. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編, 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術: 第11回世界陸上競技選手権大阪大会: 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書. 日本陸上競技連盟, pp. 189-200.
- 8) 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.