

## 堤選手における円盤投動作の特徴－ 61.64m と 53.15m の比較－

山本大輔<sup>1)</sup> 村上雅俊<sup>2)</sup> 塚田卓巳<sup>3)</sup> 加藤忠彦<sup>4)</sup> 瀧川寛子<sup>5)</sup>

1) 天理大学 2) 大阪産業大学 3) 愛知淑徳大学 4) 九州産業大学 5) 中京大学大学院

### 1. はじめに

2019 年に開催された日本陸上競技選手権大会において、堤雄司選手が日本歴代 2 位となる 61m64 を投げて優勝を果たした。日本における円盤投の競技レベルは国際レベルに比べてまだ差がみられるものの、近年では日本新記録も更新され、また多くの選手が歴代 10 傑入りするなど国内競技レベルは高まりの兆しをみせているといえる。投てき種目においてこれまで広範な競技力を有する選手を対象とした研究はみられるものの、同一選手を対象にパフォーマンス発揮の要因について検討している報告はまだ多くはない(前田ら, 2018; 塚田ら 2018)。このように、試技の成否を分ける要因について検討していくことやこのようなデータを蓄積していくことは、選手やコーチのトレーニングおよび指導において有益な情報となりうるのではないかと考えられる。そこで本研究では、日本歴代 2 位となる堤選手の 61.64 m の投てき動作を他の試技と比較することにより、競技レベル向上の一助となる知見を明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

#### 2. 1. 分析試技

2019 年 6 月 27 日に行われた日本陸上競技選手権大会の男子円盤投決勝における堤雄司選手の試技のうち、最も記録の良かった 61.64m (Good) と最も

記録の低かった 53.15m (Poor) の試技を分析の対象とした。

#### 2. 2. 撮影方法

本研究では、サークルの側方および右後方の観客席上段に設置した 2 台のデジタルビデオカメラ (Sony 製 HVR-A1J, 60fps, シャッタースピード 1/1000 秒) を用いて、堤選手の全ての投てき動作を撮影した。また、投てき方向 4m × 横 4m × 高さ 2.5 m の画角を設定し、マーク間隔 0.4m のキャリブレーションポールを 9ヶ所に垂直に立ててあらかじめ撮影しておいた。なお本研究における撮影は、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. 3. 分析方法

撮影した映像から、分析対象試技の円盤および身体 22 点を動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH) を用いて毎秒 60 コマでデジタルイズし、三次元 DLT 法により三次元座標値を算出した。その後、残差分析法 (Winter, 1990) によって身体各部と円盤の最適遮断周波数 (3.72 - 7.56Hz) を決定し、4 次のバターワースデジタルフィルタにより平滑化を行った。較正点の実測値と計算値との平均誤差範囲は、投てき方向に対して左右方向 (静止座標系における X 軸) が 6mm, 投てき方向 (Y 軸) が 7mm, 鉛直方向 (Z 軸) が 8mm であった。

分析にあたり円盤投の投てき動作を以下のように

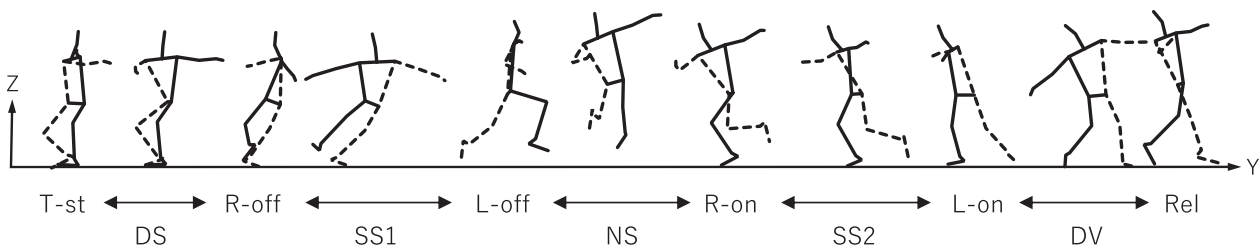


図 1 円盤投げ動作の時点および局面定義

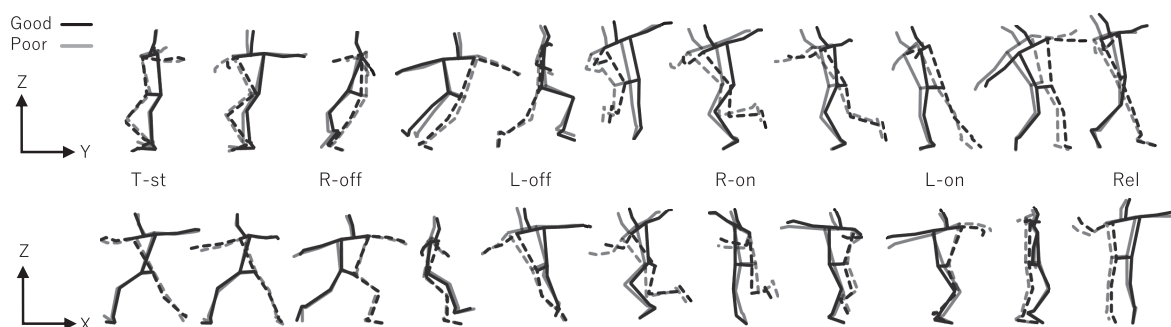


図2 各試技におけるスティックピクチャー

表1 各試技における記録および初期条件

	記録(m)	円盤速度(m/s)			初速度	投射角(deg)	投射高(m)
		X成分	Y成分	Z成分			
Good	61.64	0.33	19.24	13.13	23.30	34.3	1.63
Poor	53.15	1.64	18.63	12.81	22.67	34.5	1.51

分けた (図1). バックスイング終了時のターン動作開始 (T-st), 右足離地 (R-off), 左足離地 (L-off), 右足接地 (R-on), 左足接地 (L-on), 円盤のリリース (Rel) の6つの時点を設定し, 各時点間を時系列順に両脚支持局面 (DS), 左脚支持局面 (SS1), 非支持局面 (NS), 右脚支持局面 (SS2), 投げ出し局面 (DV) の5つの局面とした.

#### 2.4 分析項目

本研究では, GoodとPoorの動作の特徴について比較するにあたり, 以下の項目について算出した.

- 1) 初期条件: Relでの各軸成分および合成の円盤速度 (m/s), 投射角 (deg), 投射高 (m)
- 2) 各時点の円盤速度 (m/s)
- 3) 各局面の動作時間 (s)
- 4) 各局面の円盤移動距離 (m)
- 5) 円盤速度に対する身体各部位の貢献度 (m/s)

円盤速度 (Y成分) に対する身体各部位の貢献度は, 田内ら (2007b) の方法にもとづいて投動作を下肢—体幹—上肢にモデル化して算出した. 貢献度ではR-onからRelの動作範囲について, 下肢の推進動作によって生成された円盤速度 (下肢), 体幹の前後屈による円盤速度 (体幹の起こし), 体幹の伸縮による円盤速度 (体幹の伸縮), 体幹の長軸周りの回転動作による円盤速度 (体幹の回転), 上肢の伸縮による円盤速度 (上肢の伸縮), および肩関節の水平内外転動作による円盤速度 (上肢の回転) の6項目について算出した. なお, 体幹は長さ変化しないとみなせることから, 体幹の伸縮は除外して

検討した.

### 3. 結果と考察

図2にGoodとPoorのスティックピクチャーを示した. T-stからL-offまでは左足爪先, それ以降は右足爪先でスティックピクチャーを重ねて示した. 試技間での主な違いは投てき動作中盤のL-off以降でみられた. PoorはNS局面中に投てき方向に対してやや左後方に上体が傾きながら右足接地に向かっているのに対し, Goodでは上体があまり傾くことなく, R-onで体幹部の下方に右足を接地しRelまで上体が立った状態で投てき動作を行っていた. また, L-onでの姿勢をみると, Poorに比べてGoodでは円盤がより後方に保持されていることが分かり, DV局面で円盤を十分に加速させるための準備姿勢がとられていた.

表1にはGoodおよびPoorの試技における初期条件を示した. Goodの初速度はPoorと比較して0.63m/s高い値であった. Goodにおける円盤速度のY成分とZ成分はそれぞれ0.62m/sと0.32m/sとどちらも高く, 特に投てき方向であるY成分の円盤速度が初速度に影響していたことが分かった. 投射角は同程度でおよそ34度であり, 投射高はGoodが0.12m高かった. 山本ら (2008) によると, 世界選手権に出場した日本一流選手の投射高は1.65m, 投射角が35.4度と報告されており, 本研究における堤選手のGoodと類似した値であった.

表2には各時点の円盤速度と各局面の動作時間お

表2 各時点の円盤速度と各局面の動作時間および円盤移動距離

時点	T-st	R-off	L-off	R-on	L-on	Rel	
円盤速度(m/s)	Good	1.10	8.26	10.85	10.07	9.18	23.30
	Poor	1.19	8.06	10.75	9.93	9.09	22.67
局面	DS	SS1	NS	SS2	DV	Total	
動作時間(s)	Good	0.38	0.30	0.15	0.08	0.18	1.10
	Poor	0.38	0.28	0.15	0.10	0.17	1.08
円盤移動距離(m)	Good	2.03	2.71	1.58	0.80	2.81	9.93
	Poor	2.06	2.58	1.59	0.93	2.60	9.77

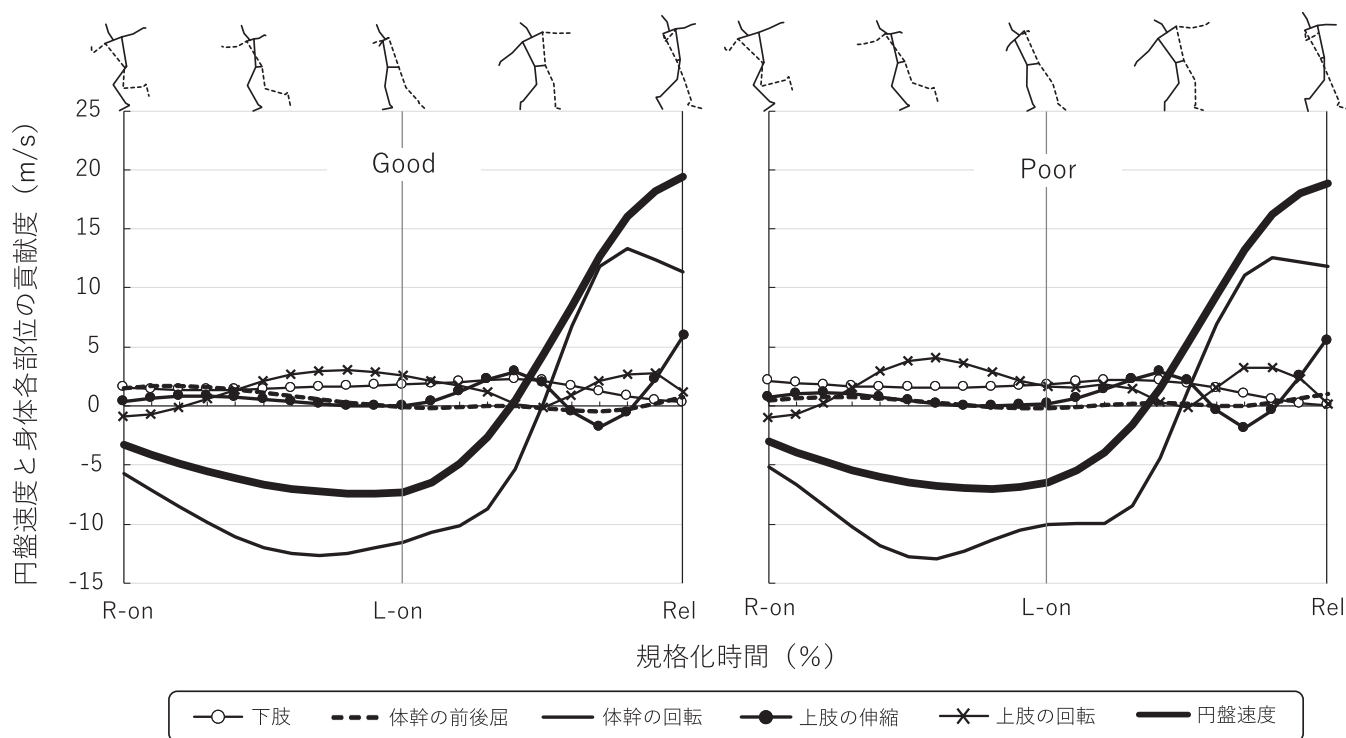


図3 円盤速度に対する身体各部位の貢献度の比較

よび円盤移動距離を示した。円盤速度の変化についてみると、両試技ともT-stからL-onまでは類似した値を示していた。このことから、初速度の差は主にDV局面によって生み出されていたことが分かった。

動作時間を比較すると、GoodとPoorで特に大きな違いはみられなかった。田内ら(2007a)によると、広範な競技レベルを有する選手の各局面の平均動作時間はNS局面が最も短いこと、また投てき記録の良い選手ほどDS、SS2およびDV局面の動作時間が短い傾向にあることが報告されている。堤選手はSS2局面が最も短く、それとは異なっていたがSS2およびDV局面の動作時間はともに先行研究に比べても短い値であった。このことから、NS局面の動作時間にゆとりをもち、続くSS2とDVの2局面の一連の動作を素早く遂行することで円盤を加速させ

る投てき動作が堤選手の特徴であるといえる。

円盤移動距離ではDV局面においてGoodがPoorに比べて0.21m長かった。Goodの試技はスティックピクチャーでもL-onで円盤がより後方に保持されている様子が見える。つまり、DV局面において動作時間は同程度でありながら、円盤をより後方に保持した姿勢で左足接地できていたことにより、より長く円盤を加速させることができたことが、より高い初速度を発揮できた一つの要因であると考えられる。

図3に円盤速度に対する身体各部位の貢献度を示した。どちらの試技も身体各部位の貢献度は類似した変化パターンを示していた。どの時点においても体幹の回転による貢献度が最も高く、当然のことながら円盤速度の多くは体幹の回転動作によって生み出されていた。その他の動作による円盤速度は6m/

s以下で推移していた。Rel時に着目すると、Goodで貢献度が高かった動作は下肢、上肢の伸縮および上肢の回転であったが、一方Poorでは体幹の起こしと体幹の回転による貢献度が高く、体幹部の動作がより大きく円盤速度に利用されていた。特に下肢と上肢の回転による円盤速度は、Goodでそれぞれ0.34m/sと1.18m/sであるのに対して、Poorでは0.09m/sと0.17m/sとおおよそ0m/sに近い値であった。このことから、GoodはRelで体幹の回転動作を中心に下肢の並進運動や上肢のスイング動作を利用し円盤速度を高めていたが、Poorは体幹の回転による貢献度は高かったものの下肢の並進運動や上肢のスイング動作による円盤の加速が不十分なままRelに至っていた可能性が示唆された。

#### 4. まとめ

本研究では、堤雄司選手における61m64 (Good)と53m15 (Poor)の試技を対象に、成否を分ける要因について検討し、競技レベル向上の一助となる知見を明らかにすることを目的とした。その結果、GoodはPoorに比べて初速度と投射高が高く、この初速度の差は主にDV局面によって生み出されていた。また、Goodでは円盤をより後方に保持した姿勢でL-onをむかえられていたことで、DV局面中により長く円盤を加速させることができていた。また、Poorは下肢の推進や上肢のスイング動作による円盤の加速が不十分なままRelに至っていたが、Goodでは体幹の回転動作を中心に下肢の推進や上肢のスイング動作を利用し円盤を投げ出すことができていた。

#### 参考文献

- 1) 田内健二, 磯繁雄, 持田尚, 杉田正明, 阿江通良 (2007a) 円盤投げの動作時間と投てき記録との関係. 陸上競技研究紀要, 3 : 25-31.
- 2) 田内健二, 持田尚, 村上雅俊, 阿江通良 (2007b) 日本一流男子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について—. 陸上競技研究紀要, 3 : 127-131.
- 3) 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.
- 4) 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.

- 5) Winter, D. A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement (2nd ed.) John Wiley and Sons. Inc., Toronto, 65-83.
- 6) 山本大輔, 伊藤章, 田内健二, 村上雅俊, 淵本隆文, 田邊智 (2008) 世界1位と日本1位の男子円盤投選手の円盤加速動作の比較. 陸上競技研究紀要, 4 : 124-127.