

## 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—

田内健二<sup>1)</sup> 持田尚<sup>2)</sup> 村上雅俊<sup>3)</sup> 阿江通良<sup>4)</sup>

1) 稲田大学 2) (財)横浜市スポーツ医科学センター 3) 愛媛女子短期大学 4) 筑波大学

### I. はじめに

我が国の男子円盤投げにおいては、川崎清貴選手が1979年に60m22という日本記録を樹立して以来、およそ30年間、日本記録を更新できないという状況である。近年、男子円盤投げの競技レベルは徐々に高まってきてはいるが、依然として世界レベルに到達するには至っていない。一方、円盤投げの技術に関する研究についても、十分に進んでいるとはいえ、あらゆる情報を蓄積することが急務の課題であると考えられる。

そこで本研究では、一連の円盤投げ動作によって生み出される円盤の速度に対して、下肢、体幹および上肢の各部位の動作が、どのように貢献しているかを明らかにすることを目的とした。

### II. 方法

#### 1. 分析対象

分析対象は、2006年に実施された第90回日本選手権における男子円盤投げの上位3名の選手であった。いずれの選手についても6投の試技のうち、最も良い記録であった投てき試技を代表試技とした。

#### 2. データ収集

すべての投てき動作をサークルの左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 (DCR-VX2000, Sony) を用いて、毎秒60コマ、露出時間1/1000秒で撮影した。また、サークルの中心を原点とし、縦4m×横4m×高さ2.5mの画角を設定し、縦横2mおきに計9カ所にキャリブレーションポール (マーク間隔0.5m) を立てた。

#### 3. データ分析

撮影した映像から円盤および身体分析点 (左右の大転子, 左右の肩峰: 4点) を動作解析システム (Frame - DIAS II, ディケイエイチ) を用いて毎秒60コマでデジタル化した。3次元DLT法により円盤および身体分析点の3次元座標を算出し、残差分析法によって決定された最適遮断周波数 (6-8 Hz) で、バッタワースデジタルフィルタにより平滑化した。なお、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。本研究では、宮西ら (1997) の報告をもとに一連の投てき動作に対して、ターンへの導入開始時 (スタート), 右足離地 (R-off), 左足離地 (L-off), 右足接地 (R-on), 左足接地 (L-on) および円盤のリリース時点 (リリース) のイベントを設定し、スタートからR-offを両足支持局面 (P1), R-offからL-offを左足による片足支持局面 (P2), L-offからR-onを空中局面 (P3), R-onからL-onを右足による片足支持局面 (P4), L-onからリリースを投げ出し局面 (P5) とした (図1)。

本研究では、田内ら (2006) の方法にもとづいて投動作を下肢-体幹-上肢モデル (図2左) にモデル化し、円盤の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。

$$V_d = v_h + v_{t/h} + v_{d/t} \quad \dots \text{式1}$$

ここで、 $v_h$ は下肢の動作による円盤速度 (下肢),  $v_{t/h}$ は体幹の前後屈による円盤速度 (体幹の起こし),  $v_{d/t}$ は上肢の動作による円盤速度を示すことになる。また、 $v_{d/t}$ については、両肩の midpoint から右肩峰までの線分 ( $l_t$ ),  $l_t$ とX軸とのなす角 ( $\theta_t$ ), 右肩峰から砲丸までの線分 ( $l_a$ ),  $l_a$ と $l_t$ とのなす角 ( $\theta_a$ ) による局座標で示した (図2右)。

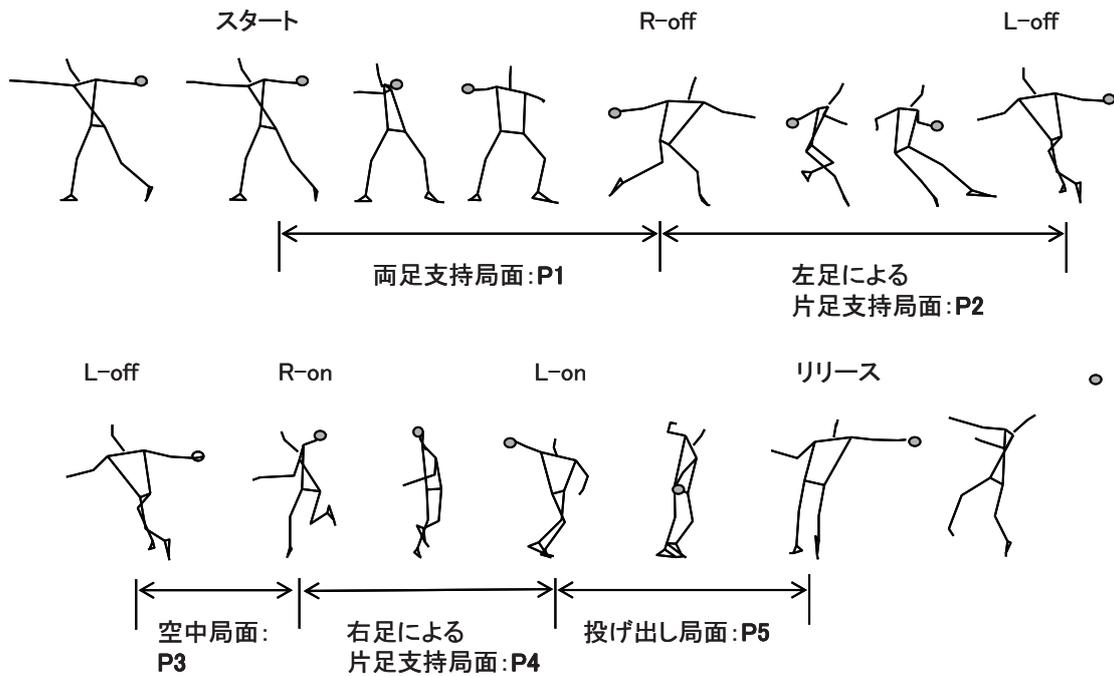


図1 円盤投げにおける各局面の定義

$$v_{d1t} = \dot{l}_t \sin \theta_t + \dot{\theta}_t (l_t \cos \theta_t + l_a \cos(\theta_a + \theta_t)) +$$

$$\dot{l}_a \sin(\theta_a + \theta_t) + \dot{\theta}_a l_a \cos(\theta_a + \theta_t) \quad \dots \text{式2}$$

ここで、 $\dot{\theta}_t$ ,  $\dot{l}_a$ ,  $\dot{\theta}_a$ の微分項は、順に体幹の伸縮による円盤の速度（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）、上肢の伸縮動作による円盤速度（上肢の伸縮）、上肢の水平内外転動作による円盤速度（上肢の回転）を示すことになる。

### III. 結果

表1に、円盤投げの投てき記録およびリリース時の円盤速度を示した。投てき記録は、1位が55.33m、2位が53.65m、3位が52.64mであった。リリース時の円盤速度は、いずれの選手もY成分（投てき方向）の速度が最も高く、次いでZ成分が高く、X成分はかなり低かった。

図3に、各局面の動作時間を示した。他の2選手と比較して、1位の選手はP3 すなわち空中局面の動作時間が長く、P4の動作時間が短かった。2位の選手

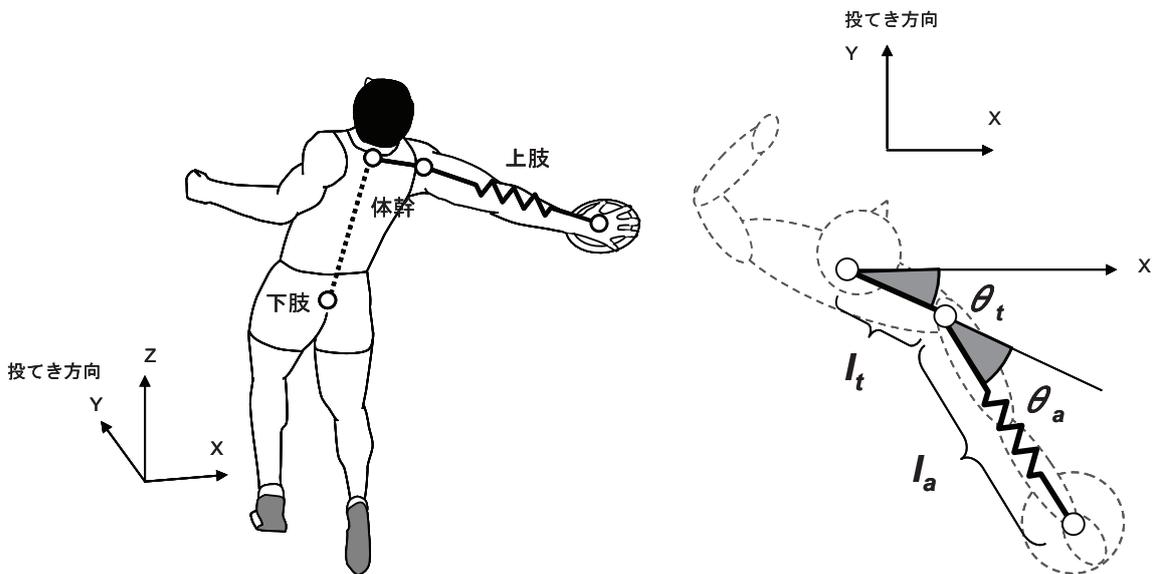


図2 円盤投げにおける下肢—体幹—上肢モデルの定義

表1 円盤投げの投てき記録およびリリース時の円盤速度

	記録(m)	リリース時の円盤速度(m/s)			
		X	Y	Z	合成
1位	55.33	1.61	18.93	12.58	22.78
2位	53.65	2.67	18.90	11.64	22.36
3位	52.64	0.55	18.28	11.92	21.83

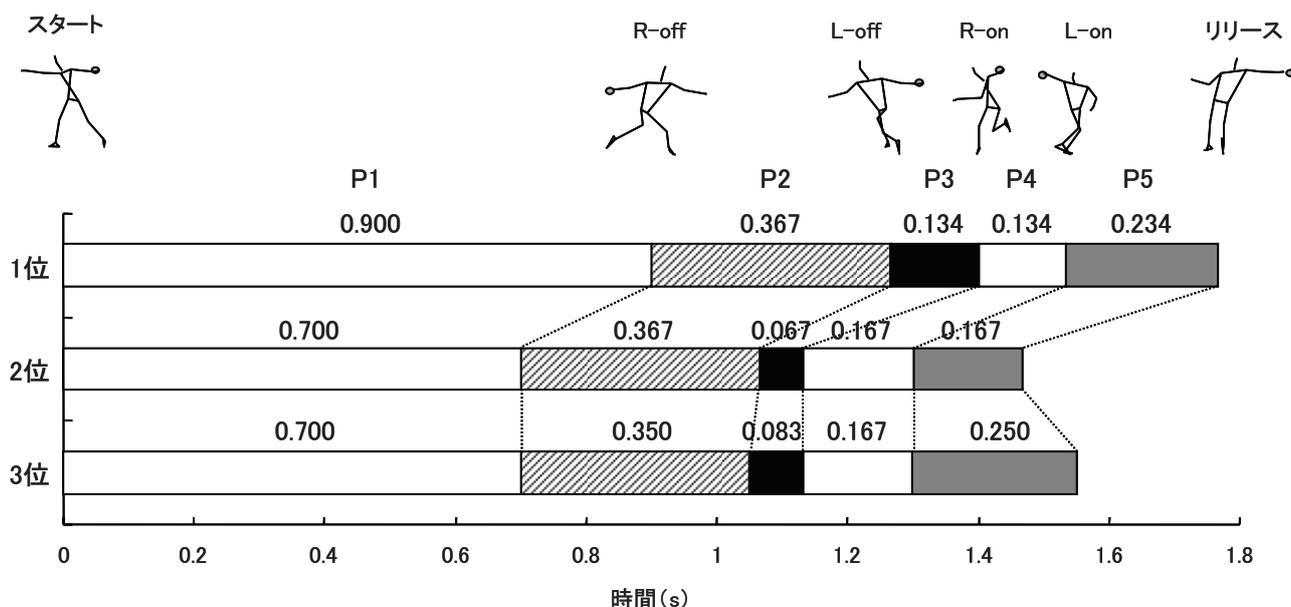


図3 各局面の動作時間

はP3 の動作時間が短くP4 の動作時間が長かった。3位の選手は1位と2位の選手の間中間的な動作時間の特徴を示した。

図4に、円盤速度および身体各部位の動作による速度 (Y成分のみ) を示した。全体的にみると、円盤速度に対して体幹の回転の貢献が大きく、リリース前には上肢の回転、次いで上肢の伸縮の貢献が大きくなった。個別にみると、1位の選手はP5において体幹の回転の貢献が高いが後半にはプラトーになり、上肢の回転および伸縮の貢献が高かった。2位の選手はP5において体幹の回転の貢献が非常に高く、リリースまでプラトーになることはなかった。また、上肢の回転および伸縮の貢献は低かった。3位の選手はP5において1位と2位の選手の間中間的な身体各部位の貢献の仕方を示した。

#### IV. 考察

投てき種目における飛距離は、リリース時の投てき物の速度によって決定されることが多くの先行研

究によって報告されている。しかし、円盤投げにおいては必ずしも投てき記録とリリース時の円盤速度との間に有意な相関関係は認められないことも報告され、このことは円盤の形状による空気抵抗の影響が大きいことが指摘されている(宮西ら, 1997)。本研究においては、3名の選手のみであったが、投てき記録の序列とリリース時の円盤の合成速度およびY成分の序列は一致していた。また、3選手ともに円盤の各成分速度の中でY成分は最も高値を示した。

これらのことから、本研究では円盤速度に対する身体各部位の貢献を明らかにするために、特に円盤速度のY成分に着目して分析することにした。その結果、すべての選手においてP4 からP5 の前半までは、円盤速度に対して体幹の回転の貢献が非常に高かった(図4) このことは、リリースのおよそ0.1秒前まで円盤速度は、ほぼ体幹の長軸まわりの回転動作によって生み出されていることを示している。体幹は身体の中で最も大きな質量を有しており、最大の運動エネルギーの発生源である。この体幹を十分

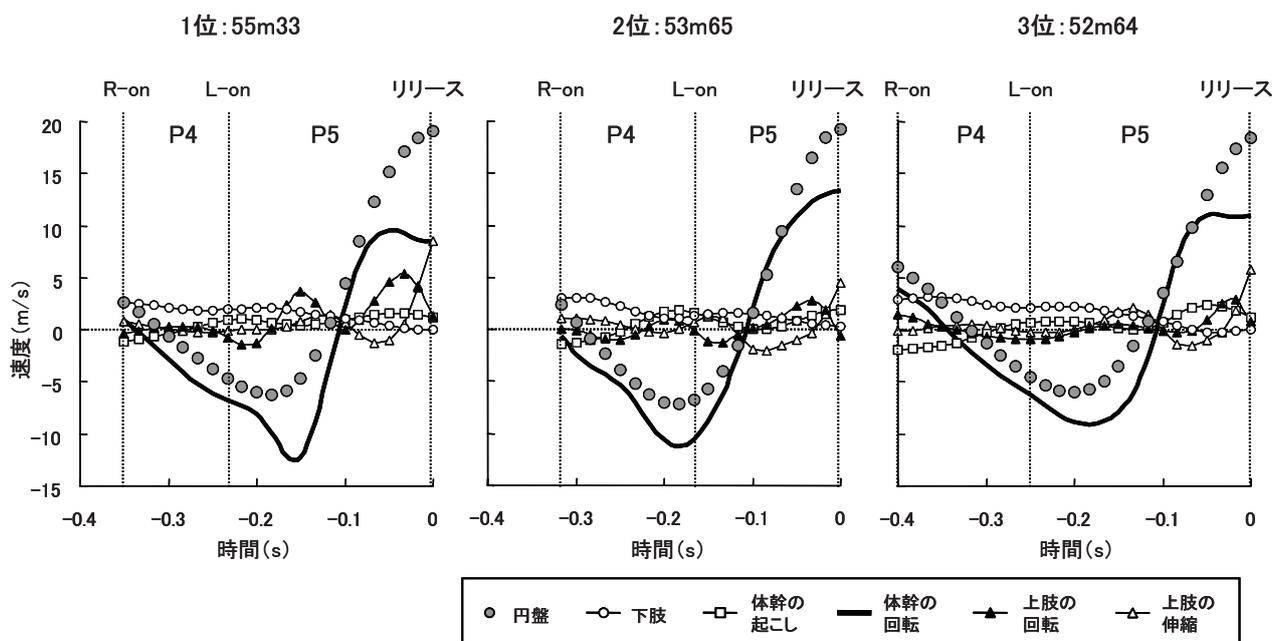


図4 円盤速度および身体各部位の動作による速度（Y成分（投てき方向）のみ）  
速度の正の値は投てき方向の速度，負の値は投てき方向と反対方向を示す。

に利用して円盤の速度を獲得することは極めて合理的な動作であると考えられる．続くP5の後半においては，体幹の回転の貢献が大きいものの，上肢の回転，次いで上肢の伸縮の貢献が大きくなった（図4）．このことは，円盤が最も加速局面においては体幹の回転に加えて，体幹に対して上肢が水平内転する動作によって円盤の速度を生み出し，さらにリリース直前では上肢の伸縮，つまり体幹から円盤が離れていく動作によって円盤の速度を生み出していることを示している．ここでの体幹から円盤が離れていく動作は，主に4本の指で保持している円盤を最終的に人差し指あるいは中指で加速する，いわゆる手首のスナップ動作を指しているものと考えられる．他の動作の貢献に関して，松尾と湯浅（2005）は，円盤のリリース速度には並進方向への移動速度が重要であることを報告している．本研究の結果では下肢の動作による円盤速度に対応するが，いずれの選手もP4の前半において3～3.5m/s程度であり，リリース直前にはほぼ0m/sに近くなり，貢献度はかなり低かった．したがって，松尾と湯浅（2005）が指摘した並進方向への移動速度は，直接的に円盤速度に貢献するのではなく，体幹や上肢の速度をよりよく円盤速度に貢献させるための間接的な役割を果たしたものと考えられる．

以上のことは，全体的にみた円盤投げにおける身体各部位の貢献について述べたが，日本のトップレベルの選手であっても貢献の仕方には個人差が認められた．つまり，1位の選手は他の2選手と比較し

て，P5の後半における上肢の回転および伸縮の貢献が大きく，体幹の回転の貢献がプラトーから若干低下していた．反対に2位の選手は上肢の回転および伸縮の貢献がそれほど大きくなく，体幹の回転の貢献がリリースまで大きいままであった．言い換えると，1位の選手は上肢の動作によって円盤を加速させ，2位の選手は体幹の動作によって円盤を加速させていたといえよう．なお3位の選手は1位と2位の選手の特徴を合わせたような貢献の仕方を示した．また，P4およびP5の動作時間の長短についても個人差が同様に認められた（表1）．このことは，R-onからL-onまでの時間を短くあるいは長くすることによって，投げ出し局面における身体各部位の貢献の仕方が変化する可能性があることを示唆している．秋葉ら（1991）は，日本トップレベルの選手の動作分析を行った結果，角運動量の伝達方向の違いから，円盤投げの動作技術が2つのタイプに分けられることを報告している．本研究の結果が秋葉ら（1991）の内容を指示する結果か否かについては，本研究では明らかにできないが，いずれにしても円盤投げにおける円盤速度を高めるための技術（戦略）は，必ずしも一様ではなく，様々な要因によって各選手に適した投てき動作が存在するものと考えられる．

## V. まとめ

本研究では，一連の円盤投げ動作によって生み出

される円盤の速度に対して，下肢，体幹および上肢の各部位の動作が，どのように貢献しているかを明らかにするために，日本トップレベルの3名の円盤投げ選手を分析した．その結果，身体各部位の貢献の仕方は必ずしも一様ではなく，相対的に上肢を大きく貢献させるタイプ，あるいは体幹を大きく貢献させるタイプが存在することが明らかとなった．このことが競技力の向上のためにどのような意味をもつのかについては，世界レベルの選手も含めた多くの選手の分析を行うことでより明確にされるものと考えられる．

## 参考文献

- 秋葉卓雄，関智子，阿江通良，西藤宏司，山崎祐司  
(1991) 円盤投のターン様式について．陸上競技紀要4：2-14.
- 松尾宣隆，湯浅景元 (2005) 円盤投げ動作における身体重心速度が円盤速度と円盤+投擲者角運動量に及ぼす効果．中京大学体育学論叢46 (2)：33-43.
- 宮西智久，富樫時子，川村卓，桜井伸二，若山章信，岡本敦，只左一也 (1997) アジア大会における円盤投げのバイオメカニクスの分析．アジア一流陸上競技者の技術—第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告—．日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス研究班編，佐々木秀幸，小林寛道，阿江通良監修：pp. 168-181．創文企画，東京．
- 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.