

## ヤリ投げの動作分析について

松岡幸子\*・井川正治\*\*・入野進\*・北博正\*\*

(昭和 56 年 12 月 1 日受付)

### Biomechanical Analysis of Javelin Throw

By Sachiko MATSUOKA, Shoji IGAWA, Susumu IRINO  
and Hiromasa KITA

Interested in techniques of javelin throw, we tried to realize the differences of the techniques between 40 m and 30 m throwers by analyzing their motions.

Four female throwers with different records (J. K.: 46.92 m, M. Y.: 40.16 m, S. O.: 39.32 m, M. S.: 37.06 m) were the subjects in this study. The motions of their throwing were analyzed by cinematography.

Following results were obtained.

1) The initial velocity of javelin were:

J. K.: 21.1 m/sec, M. Y.: 18.9 m/sec, S. O.: 17.1 m/sec, M. S.: 16.8 m/sec

2) The javelin angle of release were:

J. K.: 32, M. Y.: 38, S. O.: 36, M. S.: 35

3) The javelin angle of attack were:

J. K.: 18, M. Y.: 4, S. O.: 9, M. S.: 8

It was concluded from our experiment that the thrower with good record changed effectively her approach speed to accelerate the velocity of javelin, applying her arm and body as whip.

#### はじめに

世界記録を樹立するような選手でも、競技生活の中では何度か記録の停滞、スランプなどの状態に追い込まれることである。しかし、その困難な状態を克服し、段階的な到達目標を持って記録を向上させていかなければハイレベルな記録に到達することは出来ない。

現在の日本陸上界の女子ヤリ投げ記録の向上は目覚ましく、60 m 台に到達するまでに及んでいるが、数多いアスリートの中で、天性の素質を持った者以外のほとんどの者が、まず初めに 40 m という記録の壁にぶちあたると。選手はこの壁を乗り越えるために、体力面、精神面、技術面等のあらゆる面からその向上を計り、記録の更新に務める。

さて、一般に投てき物を遠くへ投げるためには、投てき物が手から離れる瞬間の初速度と角度および高さによ

るとされており<sup>1)</sup>、これらの要因のうち、初速度の大きさが投てき記録を決定するおもな要因であると考えられている。ヤリ投げでは他の投げの運動と異なる点として、長い助走距離を用いることがあげられる。したがってヤリ投げにおける最も重要な課題は、助走によって生み出された走速度を投げの動作でいかに効率よくヤリの速度に変換して、大きな初速度を得るかということになると述べられている<sup>2)</sup>。

指導する立場にある者は、この課題を修得するべく技術を理解し、選手に適切な助言を与えなければならない。

そこで本研究において、特に技術面に視点を置き、構えからリリース(投げ出し)迄の投動作の分析を行ない、40 m スローアーと 30 m スローアーを比較検討し、投動作の技術の一端を明らかにすることを目的とした。

\* 陸上研究室

\*\* 大学院・体力学研究室

表1 被検者の特性

被検者	年齢 (才)	経年 経験 (年)	自己最 高記録 (m)	身長 (cm)	体重 (kg)	30 m ダッシュ (秒)	最大筋力 (kg)		
							スクワット	ベンチプレス	背筋力
J. K.	19	3.7	46.92	163	63	4.6	80.0	45.0	142
M. Y.	21	5.0	40.16	155	51	4.6	95.0	47.5	160
S. O.	20	3.7	39.32	160	55	4.6	80.0	52.5	135
M. S.	19	1.7	37.06	159	60	4.7	75.0	47.5	130

## 方 法

1) 測定日 1981年5月31日であり、試技はすべて日本陸上競技連盟の競技規則に基づいて行なった。なお、風は公認記録となる毎秒2.0m以下であった。

2) 測定場所 日本体育大学健志台グラウンド。

3) 被検者 体育大学の女子やり投げ選手4名である。表1は、それらの選手の身体的特性をまとめたものである。

4) 投動作の撮影 16mm高速度カメラ(ローカム社製)を使用し、100f/s, シャッター開角度180°, シャッタースピード1/200とした。

実験場面を図1に示した。カメラの位置は、矢部<sup>3)</sup>の一方方向撮影画像による立体測定法から計算し、助走路の中央から垂直に延長された20mの地点とした。その高さは、肩の部位に焦点をあわせ1.2mとした。被検者の位置は、フィニッシュラインの約2m手前になるようにして撮影した。

5) フィルム分析 フィルム・モーションアナライザー(ナック社製, SPORTIAS MODEL GP 2000)を用い、ヤリの初速度、投てき角度、ヤリの角度、リリース時のヤリの高さ、投動作中の身体各部位6ヶ所(1. 左脚踵点, 2. 左脚脛骨点, 3. 右腸稜点, 4. 腋窩, 5. 右腕橈骨点, 6. 右腕茎突点)<sup>4)</sup>の計測を行なった。

## 結果及び考察

### I. 投てき記録を決定するリリース時の要因について

ヤリの記録は、リリース時のヤリの初速度(Initial Velocity), 投てき角度(Angle of Release), ヤリの角度(Angle of Attack)などで決定されることから、これらの要因の測定結果を表2に示した。この時の投てき距離は、被検者J. K. が45m, M. Y. が36m, S. O., M. S. が31mであった。ヤリの初速度は、ヤリが手から離れた瞬間から0.01秒後のヤリの速度を計測した。

表2から初速度は、J. K. が21.1m/secで最も速く以下投てき距離の順に遅くなっていることが認められた。投てき角度(リリース時のヤリの重心の移動方向と

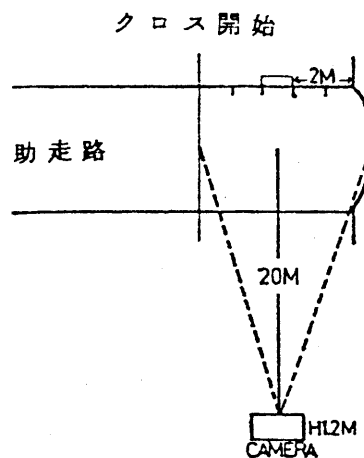


図1 実験場面

表2 ヤリのリリース時における諸要因の測定結果

Subj.	Initial velocity (m/sec)	Angle of release (degree)	Angle of attack (degree)	Height of release (m)
J. K.	21.1	32	+18	1.87
M. Y.	18.9	38	+4	1.81
S. O.	17.1	36	+9	1.63
M. S.	16.8	35	+8	1.91

水平線とのなす角度)は、35°前後であった。Terauds<sup>5)</sup>は、モントリオールオリンピックの入賞者である Nemeth や Meglea らの投てき角度は、35°前後であると報告している。また、三浦<sup>2)</sup>の研究からも同じ結果を得ており、本研究結果と一致する。

ヤリの角度(リリース時のヤリの向き)は、4°~18°の範囲であった。このヤリの角度は空気抵抗と関係があり、空気の影響により飛行中に記録を増加あるいは減少させる要因であると Terauds<sup>6)</sup>は述べている。また、三浦<sup>2)</sup>によると、この空気抵抗の影響は、図2の放物体の公式から求められると報告している。

図2から、実際の投てき距離  $L$  は、真空中での飛距

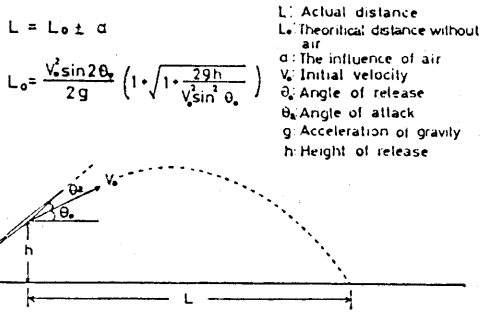


図2 ヤリ投げの記録を決定する要因<sup>2)</sup>

離  $L_0$  と空気抵抗の影響による部分  $\alpha$  との和となり、  
 $L = L_0 \pm \alpha$  で示される<sup>2)</sup>。

$L_0$  は放物体の運動であるため、リリース時の初速度 ( $V_0$ )、投てき角度 ( $\theta_0$ ) および高さにより、図中に示す式のように考えられると述べている。

そこで本研究においても、各被検者の初速度と投てき角度と高さをもとに、放物体の公式によって投てき距離の理論値を計算した結果、被検者 J. K. が 43.63 m, M. Y. が 37.55 m, S. O. が 30.47 m, M. S. が 29.56 m であった。この真空中での飛距離を実際の投てき距離から引き空气の影響を調べたところ、全員が  $\pm 1.5$  m 程度で、大きな影響ではないことが認められた。三浦ら<sup>2)</sup>の研究においても、この空气の影響は  $\pm 2$  m 程度であり、大きな影響ではなく、ヤリ投げの記録は主として初速度の大きさによって決まると述べられており、本研究の結果と一致する。

しかしながら、この空气抵抗の影響に関しては、小林ら<sup>7)-9)</sup>も、ヤリの向きや風の方向などの諸条件を想定し

て飛行過程を調べ、さまざまな条件下によっては、空气抵抗は大小の差異があると報告しており、また、ヤリ投げは陸上競技の中でも、風の影響をもっとも大きく受ける種目の一つであり、この空气抵抗の影響を無視して、ヤリ投げの技術を論じることはできないと述べていることから、多くの条件を考えた場合、机上では計算できない点があると思われるので、この点に関しては、今後さらに検討を加えてゆきたい。

II. 投動作における身体各部位の速度変化について

投てき距離を伸ばすためには、投動作中のテクニックが重要であることはいうまでもないが、その考えを前提として、身体各部位の速度変化から投動作の分析を行った。

図3は、構えからリリース迄の投動作における身体各部位6ヶ所 (①左脚踵点、②左脚脛骨点、③右腸稜点、④腋窩、⑤右腕橈骨点、⑥右腕莖黒点) の速度変化を示したものである。縦軸は速度を、横軸は所要時間を示している。

速度の低下は、すべての被検者がともに、下肢、胴体、上肢の順に見られた。このことからヤリ投げの動作は、下肢から上肢へと一連の動きによって行なわれていることが認められた。

構えからリリース迄の所要時間は、被検者 J. K., M. Y. が 1.2 秒, S. O. が 1.4 秒, M. S. が 2.0 秒であった。この間の身体各部位の速度変化を調べたところ、②の左脚脛突点の速度低下に著しい違いが見られたため検討を加えた結果、J. K. と M. Y. は、左脚着地直後その速度が急激に低下しているのに対し、S. O., M. S. は、なだらかな下降線をたどっていた。ジム・ブッシュ<sup>10)</sup>

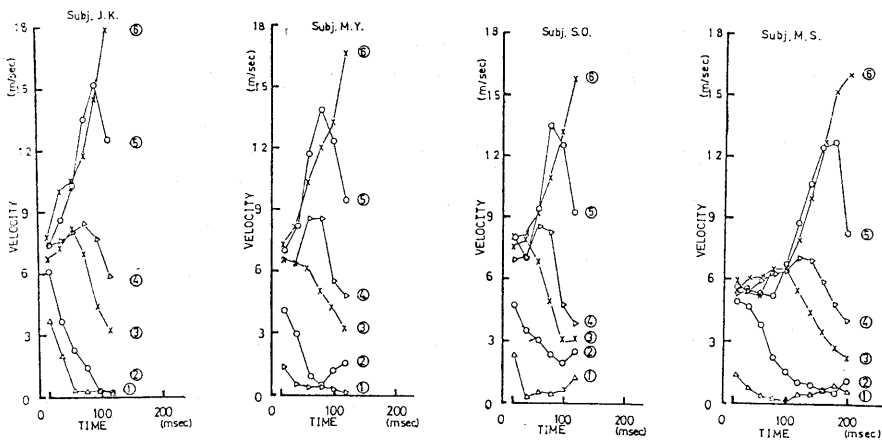


図3 投動作における身体各部位の速度変化

は、「助走にストップをかける動作が突然であればあるほどヤリに加える力はそれだけ大きくなる。」と述べており、本研究においても記録の良い者ほど、構えに入った時の上体の加速度が著しく、また、リリース時には、最も速い末梢部の速度を得ていることから、J. K. が他の3名に比べより効率良くヤリに力を加えていると考えられる。

下肢の速度を急激に低下させることが投動作において、より効果的であることは、ホメンコフ<sup>11)</sup>によっても、身体の一種のムチ運動として立証されている。つまり、ムチの柄が比較的緩やかに振られた後、急激に止められると、その先端が急速な動きを示すのと同じ理由である。上体および腕の体幹に近い節の質量が末梢部のそれを大幅に上廻ることから、制動後の速度勾配はきわめて大きなものになる。加速度と速度が中心部の関節から末梢部の関節へと順次波及していくというムチ運動が、投てきにおける効果的な技能の生体力学的核心であると考えられる。

筆者らは、前回行った実験結果からも同じ結果を得ていることから、このムチ運動を効果的に行なうことが技術完成課程における中心課題であることが示唆された。

### III. 投動作における左脚の移動軌跡について

効果的なムチ運動を行なうためには、左脚の速度を急激に低下させることが重要であることがわかった。そこで構えからリリース迄の投動作において左脚がどのように動いているか軌跡をたどり比較検討した。図4の中で1が左脚着地時、最も大きい数がリリース時である。被検者 J. K. と M. Y. は、左脚着地後、少し曲げただけで

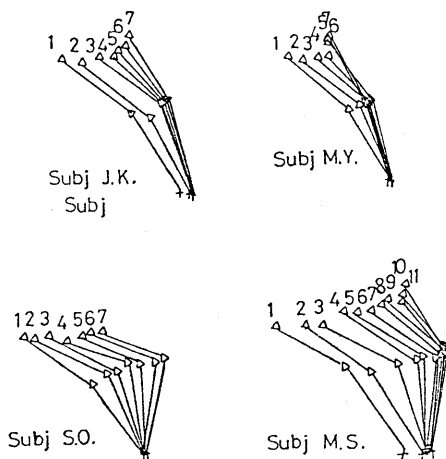


図4 投動作における左脚の移動軌跡

直ぐに膝を固定し伸展を行なっていた。M. Y. は特にその現われが顕著であったのに対し、S. O., M. S. は曲げられたまま前方に移動していた。この二人の場合、左脚着地時に膝を曲げすぎているため左脚に体重を移せず突っ張れない状態になっていると考えられる。

構えでの前脚に関して金原<sup>12)</sup>も、上体のムチ運動を効果的に行なうためのポイントの一つとして、構えでの前脚を上体の回転を助けるために、ペリーロールの踏切脚のように、ほんのわずかに曲げただけで突っ張ることが重要であると述べている。

構えでの前脚を曲げる角度は、助走スピード、脚筋力、構えた時のスタンスなどにより異なると考える。

以上のことから、左脚の速度を急激に低下させるためには、左脚着地後、ほんのわずかに曲げただけで突っ張ることが重要であり、この動きが、ムチ運動を効果的に行なうためのテクニックの一要因であることが示唆された。

### 要 約

我々は、40 m と 30 m 台の記録を持つ女子ヤリ投げ選手各2名を被検者とし、全助走投げの試技動作を16 mm 高速度カメラで撮影し、フィルム分析を行なった。

ヤリ投げの記録を決定する要因について検討した結果、リリース時の初速度の大きさに記録との関連がみられた。投てき角度は、35° 前後であった。飛行中の空気抵抗の影響も少なく、±1.5 m 程度であった。ただし、この空気抵抗の影響に関しては、今後さらに検討を加える必要がある。

投動作における身体各部位の速度変化と左脚の軌跡から、ヤリに効率良く力を加えるためには、身体のムチ運動を効果的に行なわなければならないことが認められ、そのテクニックの一要因として、構えの前脚は着地後わずかに曲げただけで突っ張ることにより、急激に速度を低下させることが上げられた。そして、この身体のムチ運動が、技術完成過程の中心課題であることが示唆された。

### 参考文献

- 1) ジョン W. パン. 石河利寛訳: コーチングの科学的原理, ベースボールマガジン社, p. 36-p. 52, 1969.
- 2) 三浦望慶, 宮下充正: スポーツ科学研究報告集 Vol. 2, No. IV, 技能力向上に関する研究第2報, 日本体育協会, p. 16-22, 1977.
- 3) 矢部京之助, 青木 久, 三田勝己, 村地俊二: 一方

- 向撮影画像による立体測定法, 体育の科学, 第 26 卷第 8 号, p. 593-599, 1976.
- 4) 藤田恒太郎, 寺田春水: 生体観察, 南山堂 p. 216-218, 1977.
  - 5) Terauds, J.: Computerized Biomechanical Analysis of Selected Javelin Throwers at the 1976 Montreal Olympiad. *Track and Field Quarterly Review*, 78 (1), p. 29-31, 1978.
  - 6) Terauds, J.: Optimal angle of release for the competition javelin as determined by its aerodynamic and ballistic characteristics. *Biomechanics*, 4 p. 180-183, 1974.
  - 7) 小林一敏, 大島義晴: 風を読む①やり投げにおける風の読み方, 陸上競技マガジン1月号, ベースボールマガジン社, p. 115-117, 1975.
  - 8) 小林一敏, 大島義晴: 風を読む②空中におけるやり運動の考え方, 陸上競技マガジン2月号, ベースボールマガジン社, p. 123-125, 1975.
  - 9) 小林一敏, 大島義晴: 風を読む③風の向きによるやり運動のちがひ, 陸上競技マガジン3月号, ベースボールマガジン社 p. 123-125 1975.
  - 10) ジム・ブッシュ著, 小田海平訳: ジム・ブッシュ (UCLA) 陸上競技コーチング, 講談社, p. 279-296, 1979.
  - 11) L. S. ホメンコフ, 織田幹雄: 陸上競技トレーナー用教科書, ベースボールマガジン社, p. 443-452, 1978.
  - 12) 金原 勇: 陸上競技のコーチング (II), 大修館書店, p. 333-363, 1976.