

砲丸投の未習熟者に対する助走指導の有効性

中 雄 勇 人・須 田 光・岩 野 康 平
茂 木 秀 倫・渡 辺 直 人・田 島 昌 紘

Effectiveness of Approach run Training for Shot Put Beginner

Hayato NAKAO, Hikaru SUDA, Kohei IWANO,
Hidemichi MOTOKI, Naoto WATANABE and Masahiro TAJIMA

砲丸投の未習熟者に対する助走指導の有効性

中 雄 勇 人¹⁾・須 田 光²⁾・岩 野 康 平³⁾
茂 木 秀 倫⁴⁾・渡 辺 直 人⁵⁾・田 島 昌 紘⁶⁾

- 1) 群馬大学教育学部保健体育
 - 2) 太田市立太田高等学校
 - 3) みどり市役所
 - 4) 渋川市役所
 - 5) 寄居町役場
 - 6) 群馬大学大学院教育学研究科
- (2016年9月30日受理)

Effectiveness of Approach run Training for Shot Put Beginner

Hayato NAKAO¹⁾, Hikaru SUDA²⁾, Kohei IWANO³⁾
Hidemichi MOTEKI⁴⁾, Naoto WATANABE⁵⁾ and Masahiro TAJIMA⁶⁾

- 1) Department of Health and Physical Education, Faculty of Education, Gunma University
 - 2) Ota High school
 - 3) Midori City office
 - 4) Shibukawa City office
 - 5) Yorii town office
 - 6) Graduate school of Education, Gunma University
- (Accepted September 30th, 2016)

I. 緒 言

陸上競技における砲丸投は、非常に重い球を遠方へ飛ばす競技である。国際陸上競技連盟 (IAAF) の競技規則において「砲丸は肩から片手だけで投射する。競技者がサークルの中で投射を始めようと構えた時には、砲丸はあごまたは首につけるか、あるいはまさに触れようとする状態に保持しなければならない。投射の動作中は、その手をこの状態より下におろしてはならない。また、砲丸を両肩を結ぶ線

より後にもっていてもいけない。」¹⁾と定められている。また、砲丸投を英語表記すると“shot-put” (突き出す, 押し出す) であり, “Shot-throw” ではなく, あくまでも “putting the shot” であり「投射する」という概念の動作であるとされている²⁾。これは、砲丸が非常に重く、野球でみられるような投げ方を行うと肘や肩に大きな負担がかかり怪我の原因となることなどから、砲丸投においては「投げる」ではなく「押し出す」というほかのスポーツではあまりみられない動作を行う必要がある。

また、砲丸投の投てき距離は、砲丸が手から離れる時の初速度、投射角、投射高によって決定され、その中でも初速が最も投てき距離に影響を与えると報告されている³⁻⁶⁾。よって、投擲距離の向上のために砲丸の初速を高める工夫がなされており、その一つの方法として助走動作が挙げられる。助走動作は砲丸をリリースする局面の前の動作で、身体の移動とともに砲丸を加速することで、投擲の局面においてより初速を高める事を目的に行われており、現在においては助走動作を含む砲丸投の主流の投げ方の一つとしてグライド投法が用いられている。グライド投法とは、身体を動かして砲丸を投てき方向に加速させるために投てき方向を背にした立位姿勢からいったんしゃがみこみ、後方への左脚の振り出し動作、右脚の蹴り出し動作、右脚の引き込み動作の順で、身体をサークル後方から前方へ移動させるグライド動作を行う投法である⁷⁾。砲丸投のバイオメカニクスの研究では、投てき距離に対するグライド動作の貢献度について 60 フィート (約 18.29m) の投てき距離で約 7% になるといわれている。他の研究でも、砲丸投の初速のおよそ 20% がグライド動作で生み出され、また、グライド投法ではグライドをしない投げ方に比較して、約 10% 発生エネルギー量が多くなると報告されており⁵⁾、ステップ投法においても同様に報告がなされている⁸⁾。このように、助走動作を行うことによって、助走動作を行わない立ち投げに対して、投てき距離を伸ばすことができると多数報告されている。しかしながら、助走動作を伴う投てき動作は記録向上が望める反面、動作が複雑であり、正確な動作が行えない筈においては記録が低下する可能性も考えられるが、砲丸投げの初心者に対する助走と投擲距離に関する研究は見受けられない。このようなことから、今後の授業場面などの砲丸投の指導場面において助走動作を導入する際の指導のポイント探ることは必要であると考えられる。そこで本研究では、砲丸投未習熟者が投てき距離を向上させるために助走動作を行う際の指導のポイントを検討することを目的とした。

II. 方法

(1) 対象

対象は、砲丸投を数回程度投げた経験のあるものの専門的な指導を受けたことがない右利きの男性 21 名 (平均年齢 21.38 ± 1.75 歳) とした。対象には本実験の趣旨、内容ならびに危険性についてあらかじめ説明し、参加の同意を得た。

(2) 砲丸の投擲距離と動作確認

陸上競技場砲丸サークルにて立ち投げによる投てきを 2 投、助走動作を行った投てきを 2 投、計 4 投を行わせた、記録に計測を行った。助走動作はグライド投法もしくは、サイドステップ投法とした。

砲丸の重さについては、高校生より上の一般男子の砲丸の重さは 7.26kg とされている。しかし一般規格では最低限の筋力が必要になり、保持などの動作への影響が出ると報告されている⁹⁾。今回は、未習熟者を対象としたことから、重さによる動作の影響を少なくするために 5kg の砲丸を使用した。

また、それぞれの試技について、ハイスピードカメラ (CASIO 社製: EX-F1, 300fps) を用いて右側方 12m 地点より撮影した。

(3) 投てき動作の解析

動画から、投てき動作の構えから砲丸が手から離れた瞬間までをコンピュータに取り込み、DKH 社製 FrameDias V をもちいて、被験者の全身の 20 点 (つま先、踵、踝、膝、大転子、胸骨上縁、頭頂、肩峰点、肘、手首、手先、砲丸) と砲丸、計 21 点にフレームごとの平面座標をデジタイズ入力した後、2 次元 4 点実長換算法によって解析をおこなった。

(4) 解析項目

① 投てき距離

助走ありの投てきにおいて、投てき距離が良い試技を ART (Assist Run Throw) と、立ち投げの投てきにおいて、投てき距離が良い試技を ST (Standing Throw) とした。

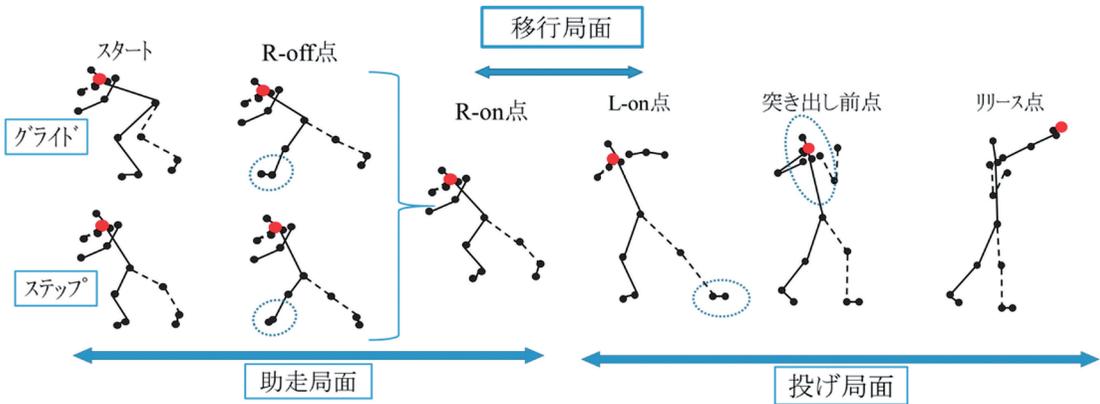


Figure 1. 砲丸投における投てき動作の各局面構造

②投てき動作の各局面の定義

MARTholdの先行研究¹⁰⁾を参考に、投動作の解析に用いる局面を Figure 1 に示した。

投てき時の測定項目

そのほかの測定項目として、砲丸初速度、投てき角度、投射高、利得距離、上体の傾き、両膝関節角度、重心変位系、移動距離（撮影した動画において、R-off 点から R-on 点までの脚首の変位の差を、助走動作の移動距離とした。また、同区間の砲丸の変位の差を助走による砲丸の移動距離とし、算出した。）、上体の前傾角度（L-on 点からリリース点における、胸骨上縁と大転子中心の結線と左大転子と左足首の結線がなす角度）をそれぞれ算出した。

(5) 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で表した。ART と ST、向上群と停滞群の各測定項目を対応のない t-test によって検定した。また、各項目間の相関の検定にはピアソンの相関係数を用いた。統計処理の有意性は5%未満で判定した。

Ⅲ. 結果および考察

本研究では、砲丸投未習熟者が投てき距離を向上させるために助走動作を行う際の指導のポイントを検討することを目的とした。そこで、助走動作を行った際の記録に変化を検討するために、助走動作を

Table 1. 各投てき方法による計測値の比較

	ART (N=21)		ST (N=21)	
	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
投てき距離(m)	8.27 ± 1.34	7.84 ± 1.36	7.84 ± 1.36	7.84 ± 1.36
砲丸初速度(m/s)	7.47 ± 0.87	7.1 ± 0.84	7.1 ± 0.84	7.1 ± 0.84
投てき角度(度)	29.67 ± 7.26	30.06 ± 7.52	30.06 ± 7.52	30.06 ± 7.52
投射高(m)	1.94 ± 0.14	1.99 ± 0.12	1.99 ± 0.12	1.99 ± 0.12
利得距離(m)	0.22 ± 0.12	0.28 ± 0.14	0.28 ± 0.14	0.28 ± 0.14

行った投てきである ART と、助走を行わない投てきである立ち投げである ST について、比較検討を行った (Table 1)。結果、投てき距離および砲丸初速度などの項目において差が認められなかった。投てき距離に差が認められなかった原因として、投てき距離が 8m 程度なのに対して、標準偏差が 1.3m と大きく、さらには助走を行うことによって投てき距離が伸びているものがある一方で、投てき距離が低下しているものがいたためであると考えられる。助走は、砲丸の初速を早め投てき距離の増加が見込める反面、動作が複雑となり、砲丸の初速を高めることができなかつた姿が伺えた。そこで助走を行った際の未習熟者投てき動作の特徴を検討するため、各被験者の ART の投てき距離と各項目間の関係性をそれぞれ検討したところ、投てき距離 (8.27 ± 1.34m) と砲丸初速度 (7.47 ± 0.87m/sec) との間に正の相関が認められた (r=0.721 p<0.01)。しかし、投てき角度は 29.67 ± 7.26 度と砲丸投に最適な投射角度である 40 度よりも低い方向へ投てきされてお

り、投てき角度の低下により投てき距離が低下していると考えられる。そのため、投てき角度の低下となる動作を検討したところ、上体の傾きと投てき角度との間に正の相関が、また、利得距離との間に負の相関が認められた。このことから、砲丸をリリースする際に上体が投てき方向に対して前掲していることによって利得距離は向上するが、投てき角度は低くなることが認められた。投てき角度は、上体が後傾している状態から、左足から頭頂までを直線に保ったまま、右脚の伸展により上体を押し上げる動作により、投てき方向へと砲丸を加速することで大きな投てき角度を得ることが可能となる。本研究の対象では、砲丸をリリースする際の上体の前傾角度を検討したところ、 33.65 ± 12.57 度と、腰から屈曲して前傾していることが認められた。よって、未習熟者の投てきを行う際には、砲丸のリリース時の上体を腰よりも先行させることなく、後傾の姿勢を作ることで、投てき角度を上げることが重要であると考えられた。

また、リリース時の上体の傾きに影響を与えると考えられるリリース時以外の局面についても検討したところ、投げ局面の上体と左脚によって作り出す軸が前方へ折れ曲がっている状態が認められた。そのため、投げ局面で左足から頭頂にかけて直線上に保つことによって形成されるべき軸が腰から曲り、上体が先行することによりリリース時の上体が投てき方向へと倒れてしまうことで、投てき角度が低下していると考えられる。また、リリース点の上体の傾きと L-on 点の上体の傾きにおいて、正の相関が認められた。このことから、L-on 点で上体を後傾させることによりリリース時における上体の前傾を防ぐことができると考えられる。L-on 点の上体の傾きは、R-on 点・L-on 点の右膝関節角度と負の相関が認められたため、移行局面で右膝の屈曲を維持することにより、投げ局面に入る際に上体を後傾させることができる。また、L-on 点の上体の傾きと L-on 点の左膝関節角度の間に正の相関が認められたことから、左膝を接地する際に十分に伸展することにより上体の後傾が維持できると考えられる。左脚はブロック脚いわれ、投てき方向への力に対する

抵抗点として機能することにより、右足の進展の力を体幹を通じて砲丸に伝えることができる。また、投てき後半の突き出し前点からリリース点にかけては、身体を回転させることによって、砲丸をさらに加速することが可能となる。よって、左脚を伸展し接地することにより、上体と左脚による体幹の回転軸を直線に近くすることで素早い回転が可能となり、より砲丸を加速することができる。よって、砲丸を加速しながら高い投てき角度を得るためには、移行局面において右膝が屈曲し上体を傾けた状態から左脚を伸展させ接地することにより、投てき方向への力をブロックすることが重要である。同時に、上体から左脚をまっすぐ伸ばすことにより体幹の回転軸を作り出すことで、左足を基点とした起こし動作と回転動作により砲丸を加速しながら投てきすることで、リリース時の上体が投てき方向に前傾することを防ぎ投てき距離を向上させることができると考えられる。

また、本研究においては立ち投げに比べて助走を行うことにより投てき距離が低下するものが見受けられた。そのため、助走を行うことにより投てき距離が向上した要因を検討するために、ART における投てきについて、向上群と停滞群に分けて検討した (Table 2)。

Table 2. ART 時の向上群と停滞群の各測定項目の群間比較

	向上群 (N=9)	停滞群 (N=12)
	Mean \pm S.D.	Mean \pm S.D.
投てき距離 (m)	8.43 \pm 1.68	8.15 \pm 1.08
砲丸初速度 (m/s)	7.44 \pm 1.26	7.5 \pm 0.45
投てき角度 (度)	31.08 \pm 4.95	28.62 \pm 8.67
投 射 高 (m)	1.9 \pm 0.14	1.84 \pm 0.13
利得距離 (m)	0.16 \pm 0.09	0.27 \pm 0.13*

* p<0.05

両群の助走局面において水平移動への変位に差がないことが認められた。しかし、向上群と停滞群の投てき距離とリリースパラメータにおいて、利得距離のみ向上群が停滞群に対して有意に短いことが認められた。通常、利得距離は長いほど投てき距離が向上するが、本研究では停滞群において有意に利得距離が長かった。前述のようにリリース時の上体の

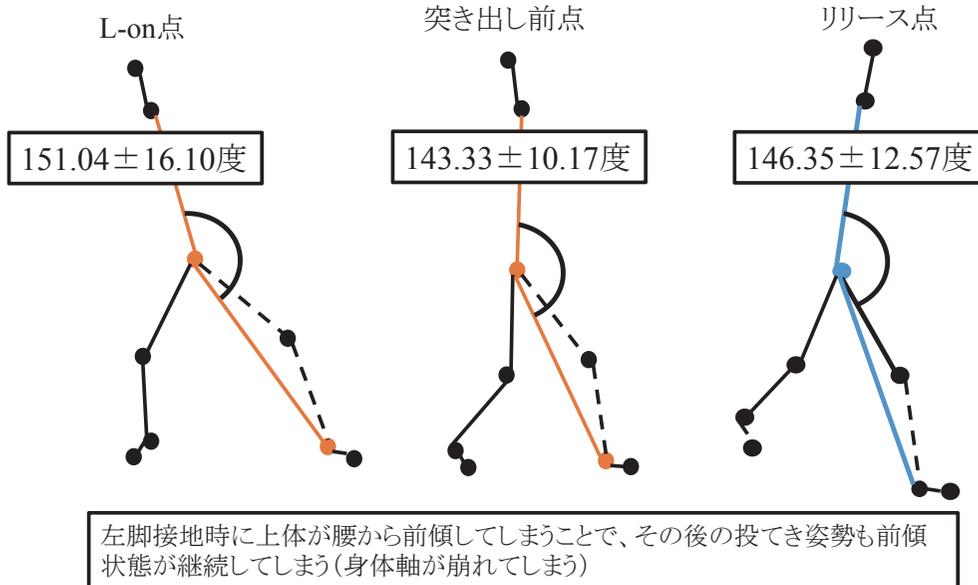


Figure 2. ARTの各局面における上体の前傾について

前傾が利得距離に対して影響を与えることが認められているとともに、起こし動作や腰の回転動作に影響を与える。そのため、未習熟者の投てき動作において、リリース時にいかに前傾しないようにすることが重要であると認められた。また移行局面での左膝関節角度において、向上群では左膝が接地する際に屈曲が認められなかったことに対して、停滞群では、接地する際に左膝が屈曲していることが認められたことから、左脚を接地する際に屈曲が起こることによりブロック脚として機能せず、助走により得た水平方向の力を投てき方向へと逃がしてしまう姿が伺えた。

本来、助走を行うことにより投てき方向に対して水平方向の力を得ることができるため、助走を行った投てきでは立ち投げと比較して投てき距離が向上する。しかし、本研究の未習熟者において、ARTとSTの投てき距離・リリースパラメータに差が認められなかった。このことから、助走を行った際に、立ち投げで砲丸に伝えることのできるエネルギーと同程度しか伝えることができている姿がうかがえたため、助走により得たエネルギーを砲丸に伝えながら、投げ局面において、立ち投げと比較して砲丸の加速ができていないと推察される。これらのこと

から、助走動作後の投げ局面において、立ち投げと同様の動作を行うことで投げ局面での加速が可能となり、投てき距離の向上は期待できると考え、ARTとSTの動作の比較を行うことにより助走動作後、砲丸を加速させる動作を検討した。

投げ局面の始点となるL-on点の上体の傾き($\theta 1$)について、ART (16.92 ± 10.12 度)がST (40.46 ± 15.30 度)に対して有意に上体が起き上がっていることが認められた。また、右膝関節角度において、ARTがSTに対して有意に伸展していることが認められた。ARTの解析より、L-on点で上体が投てき方向へと起き上がるにより投てき角度が低下することが認められており、さらには砲丸を加速するために重要な上体の起こし動作を行うために必要な左膝の伸展及び右膝の屈曲が十分に行えないことが認められている。ARTの助走動作中ではSTと同程度上体が傾いた状態で動作を行い、上体の傾きは大きく前後しなかったが、移行局面において -16.28 ± 8.26 度の起き上がりが見受けられた。また、同局面において右膝が伸展していることが認められたため、助走動作後、投げの構えへと移行する際に、右膝が伸展しているために上体が先行して起きてしまい、投げ局面の際には起こし動作による砲丸の加速

が十分に利用できない姿がうかがえた。

また、突き出し前点の上体の傾きにおいて、ARTがSTに対して有意に投てき方向に対して起き上がっていることが認められた。ARTはSTに対してL-on点の段階で右脚が伸展し上体が起き上がっていたため、上体が先行し腰が屈曲した前のめりの姿勢のままに左脚を軸とした起き上がりの動作が発生し、さらに右脚の伸展を行うことにより上体の前傾が発生したと考えられる (Figure 2)。

よって、ARTでは助走で得られた水平方向の力に対して右膝の伸展により砲丸を十分に加速させられず、上体が起き上がっていることから左脚を基点とした起き上がり動作による加速を砲丸に伝えられなかった可能性が認められた。さらには、体幹の起こし動作と腰の回転動作を行う際に、上体が先行することで軸が曲がっている状態となり、回転動作の際に軸が大きくぶれてしまい投てき距離に影響を与えたと考えられる。よって、ARTにおいては、L-on点の前段階である移行局面で右脚の伸展を防ぐことにより上体が投てき方向に起き上がらないようにすることが重要であることが認められた。

IV. まとめ

未習熟者において助走を行うことにより、助走なしの投てきと比較して記録の向上は認められなかった。その原因として、助走動作後、右膝の伸展に伴い上体が腰より前傾して起き上がりが発生し、投げ局面で十分に砲丸に加速を加えられないことが認められた。また、助走動作後、投げ局面で上体が腰から投てき方向に前傾することにより、投てき角度の低下が認められた。

よって助走動作後、右膝を屈曲した状態で投げ動

作へと移行するよう指導を行うことにより、上体の傾きを維持した状態で投げの動作へと入ることが可能となり、助走を用いた投てきにおいて投てき距離を向上させることに繋がると考えられる。

引用参考文献

- 1) JAAF: 公益財団法人日本陸上連盟 Japan Association of Athletics Federations (2015) ルールブック・審判ハンドブック 2015-2016. ベースボール・マガジン社.
- 2) 寺尾恭徳, 當村洋一郎, 木村公喜 (2012) 砲丸投技術の変遷と今後の指導法. 日本経済大学リポジトリ 42(1), 151-159.
- 3) 木村 広 (1990) コンピュータシミュレーションによる砲丸投の力学的研究. 長崎大学教養学部紀要, 自然科学篇 30(2), 595-607
- 4) 加藤博夫 (1960) 連続写真による砲丸投の分析的研究. 体育の科学 10(5), 277-279.
- 5) 渋谷侃二, 吉本 修, 植屋清見 (1968) 砲丸投のエネルギー的考察. 東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 63-68.
- 6) 植屋清見, 中村和彦 (1992) 砲丸投, 円盤投の動作学. Jpn.J.SportSci. 11(10), 615-621.
- 7) 野口安忠 (2012) 砲丸投における新たなグライド動作の視点とその技術および習得方法. スポーツパフォーマンス研究, 171-191.
- 8) 西藤宏司 (1969) 砲丸投の投てき技術に関する研究—グライド動作について—. 中京体育学論叢, 309-325.
- 9) 斎藤重徳, 渡辺悦男, 大谷和寿, 伊藤豊彦, 植野淳一 (1985) 砲丸投の学習指導に関する研究—砲丸投の動作分析—. 島根大学教育学部紀要, 第 19 卷 43-55.
- 10) Marhold, G. (1974) Biomechanical analysis of the shot put. Biomechanics IV. Nelson, R.C. and Morehouse, C.A. (eds) University Park Press, Baltimore, 175-179.