

研究報告

砲丸投げの新投法（ステップ・グライド投法）の動作学的研究

Kinesics study on a new glide technique of shot-putting (Step-Glide Technique)

松下健二¹⁾

Kenji Matsushita¹⁾

長尾博行²⁾

Hiroyuki Nagao²⁾

Abstract

The present study aimed as first step to conduct the kinesics analysis of the step-glide technique invented by Matsushita in comparison with the conventional glide technique. The Step-glide technique (for right-hander) is, as the 1st step, to perform gliding with the left foot, touching the ground by the right foot, then by the left foot. As a result of the experiment using one athlete with the experience of track and field sports (glide technique), it was observed that the body turn at the time of power-position was smaller than in the case of the conventional glide technique, that the initial speed of the shot put at the time of release became higher and that the improvement in the distance by 65 cm was recorded, compared with the conventional glide technique. As the 2nd step, for further improvement of the record, using one active athlete of shot putting, we examined (1)improvement of the glide speed (drawing motion of the left arm to the backward direction), (2)position of touching the ground with the left foot after glide, and (3)improved method of training. As a result, after about 2 years of the training, the record was improved from 12m03 to 14m07. It was suggested that this achievement was influenced by the increased speed of glide, the increased muscular strength and the smoothed motion of changing both legs.

キーワード 砲丸投げ、新投法、ステップ・グライド投法
shot-put, new method, step-glide technique

1. 研究目的

砲丸投げの世界記録をみると、男子の世界記録はアメリカのバーンズが1990年に記録した23m12cmで、女子では旧ソ連のリソフスカヤが1987年に記録した22m63cmである。つまり現在まで、男子で19年間、女子で22年間記録が停滞している。この原因として、砲丸投げの技術と筋力との関係が限界にきている、もしくはドー

ピング検査の徹底により、薬物投与による筋力の向上が事実上難しくなったという主として2つの考えがある。

著者は前者の立場から、特に投擲技術の面について着目した。現在砲丸の投擲技術はオブライエン（グライド）投法と回転（スピンもしくはロータリー）投法がある。オブライエン投法（投擲方向とは正反対の後ろ向きに構え、いっ

¹⁾ 兵庫教育大学

Hyogo University of Teacher Education

²⁾ 堺市立津久野中学校

Sakai municipal Tsukuno Junior High School

たんしゃがみこんだ後、右利きの場合（以後、右利きについて論を進める）には左足を投擲方向へ蹴り出しながら右足でグライドしたのちに投げる）は開発者のオブライエンが1953年に18m00の世界記録を樹立したことにより一気に普及した（図1）。回転投法（投擲方向とは正反対の後ろ向きに構え、身体をサークルの縁に沿って1回転半させながら投げる）の起源は諸説あるが、1976年にバリシニコフが22m00の世界記録を樹立したことにより注目されるようになった（図2）。この2大投法のいずれが優れているか現在の男子世界記録10傑についてみると、表1に見られるようにオブライエン投法5名、回転投法5人と全く半分に分かれ、記録の平均値もオブライエン投法（ $22.78 \pm 0.21\text{m}$ ）、回転投法（ $22.74 \pm 0.25\text{m}$ ）と全く遜色がない。

これらの投擲方法にはこれまでも技術革新が行われてきた。しかしながら、いまだに課題も存在する。オブライエン投法では①グライド局面と突き出し局面開始期での右足の連続2度の蹴り（ホップ）は膝への負担が大きいこと、②右足でグライドするためどうしても突き出し局面に入る時、投擲方向へ左膝、左肩、腰が向きいわゆる身体が開いてしまった状態となり、身体のねじりを十分に使えないこと、③右足の接地位置がサークルの中央付近にこないことが指摘されている。回転投法では特にターンに続く投げの構えの局面で、砲丸の速度に落ち込みがあることが指摘され、いかに速度を落とさずに突き出しに結び付けるかが重要であるとされ

た（植屋1985）。

著者の1人、松下はターンに続く構えの局面での砲丸の速度の落ち込みのない回転投法の開発に取り組み、右足一左足と接地し、直線的に回転し、上体（腰と肩）にねじりを生じないで砲丸を投げる回転投法を考案し、従来の回転投法よりも記録が向上したことを報告した（松下、2005）。松下はこの試行過程において、このステップをオブライエン投法に適応させてはと考えた。すなわち、オブライエン投法が右足でグライドするところを左足で行い、右足を後方へ蹴りだし、右足着地の後に左足を着地させるものである。

実験を進めると同時にこの投法について調査すると、アメリカではstep-backと言われ、右足を後方へ歩くようにして着地させ、その後左足との切換えを行う投法が行われており、初心者や膝を怪我した選手に対応する投法として位置づけられていた（Ward1975）。この投法は我が国でも取り上げられ、発育・発達過程にある児童（田辺1983）や、初心者に適している（関岡1990）、尾縣（2007）、オブライエン投法への技術的な移行（関岡1991）、オブライエン投法への導入（順天堂大学陸上競技研究室2009）等技術的に未熟な初心者むきの投法もしくはオブライエン投法を習得する前段階の投法として考えられている。一方欧州では、この投法についてまとめた文献を得ることができた。Isidor Fuchser（発表年不明、注）による「Kugeltossen:Die Wechselschritt-Technik」で、これ

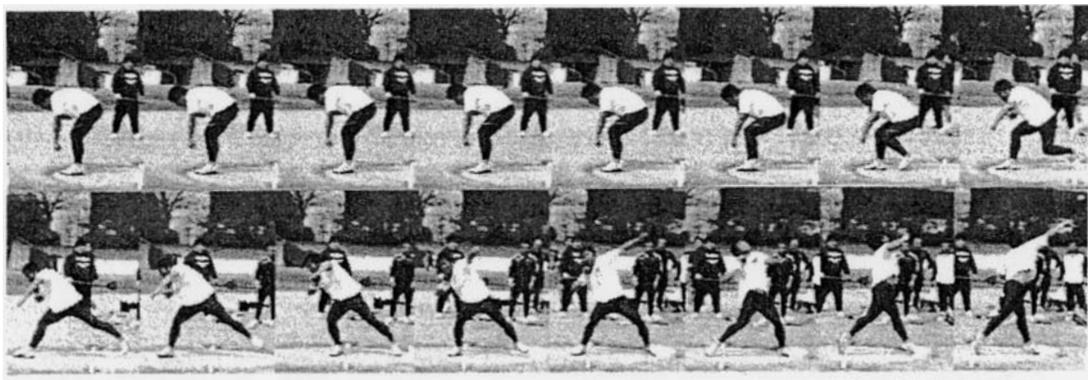


図1：オブライエン投法

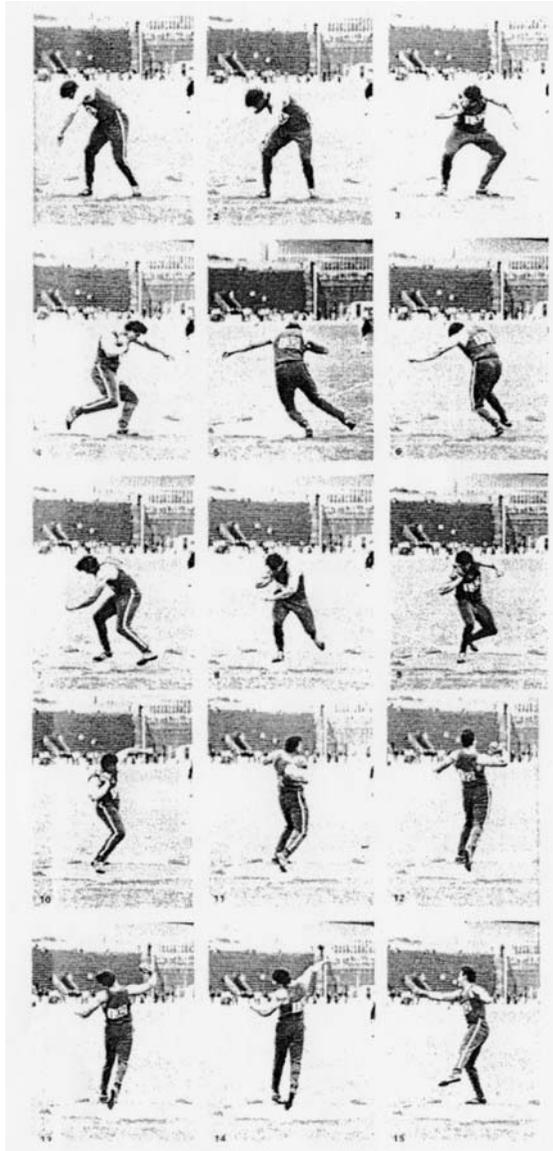


図2：バリシニコフの回転投法

表1：男子歴代世界10傑（2009.8現在）

順位	投法	記録	選手	国	年代
1位	回転投法	23m12	バーンズ	アメリカ	1990
2位	グライド投法	23m06	ティンマーマン	東ドイツ	1988
3位	グライド投法	22m91	アンドレ	イタリア	1987
4位	回転投法	22m86	オールドフィールド	アメリカ	1975
5位	グライド投法	22m75	ギュンター	スイス	1988
6位	回転投法	22m67	トス	アメリカ	2003
7位	グライド投法	22m64	ウド・バイヤー	東ドイツ	1986
8位	回転投法	22m54	カンタウエル	アメリカ	2004
9位	グライド投法	22m52	フレナー	アメリカ	1987
10位	回転投法	22m51	ネルソン	アメリカ	2002

世界歴代10位に 回転投法5人(平均22m74)、グライド投法5人(平均22m78)

によると、この投法はWechselschrittと呼ばれていること、そして、Toni Nett (1956) によって行い方のイラストがのせられ、これを用いた高校生が19m20cmの高等学校新記録を樹立したこと、Wohlgemuth (1977) が9~20歳の競技者を対象にして1ヶ月間オブライエン投法とWechselschritt投法を同時に指導した結果、明らかにWechselschritt投法の方がオブライエン投法に比べて際立って上達が見られたこと、スイスではWechselschritt投法の信奉者がかなり存在し、実際的には混成競技選手に広く用いられていること、オブライエン投法と回転投法の中間的技術であると取らえられていること等、多岐な面からWechselschritt投法について紹介している。しかしながら科学的に動作分析を行った結果については不明である。また、Wechselschritt投法が普及しない原因は世界で知られた一流の砲丸投げ選手が誰もこの方法を用いていないからであるとしている。現在ではヨーロッパ地方の砲丸投げ選手を中心に普及し、SAINIKOV (図3: RUS, 図の時の記録は19m41cm:2001, 紹介した図ではSAINIKOVとなっているがSALNIKOVの間違いか?), Lammert (GER, 最高記録20m04: 世界陸上6位, 2009欧州室内1位), やAvdeeva (RUS: 最高記録20m07: 2009世界陸上5位) らが見られる。しかし現在まで普及しなかったのはなぜであろうか? 1つには前述の有名な選手が行っていないこと, 2つ目は世界記録を樹立していないこと。そして3つ目には行えば成果が期待で

きる2つの投法がすでに存在するのにあえて成果が未知な投法へ冒険する者がいなかったことなどが考えられる。

Step-back投法は前述のごとく、右足を歩くような歩幅でとらえており、左足との切換えを重視している、また、Wechselschritt投法は「足を交互に入れかえるステップ」という意味である。以上のようにこれらは足の切換えに注目したものであり、著者らが注目した左足のグライド動作とは観点が異なっていた。そこで著者らはこの投法をステップ・グライド投法と命名し、オブライエン投法をホップ・グライド投法と分類した。

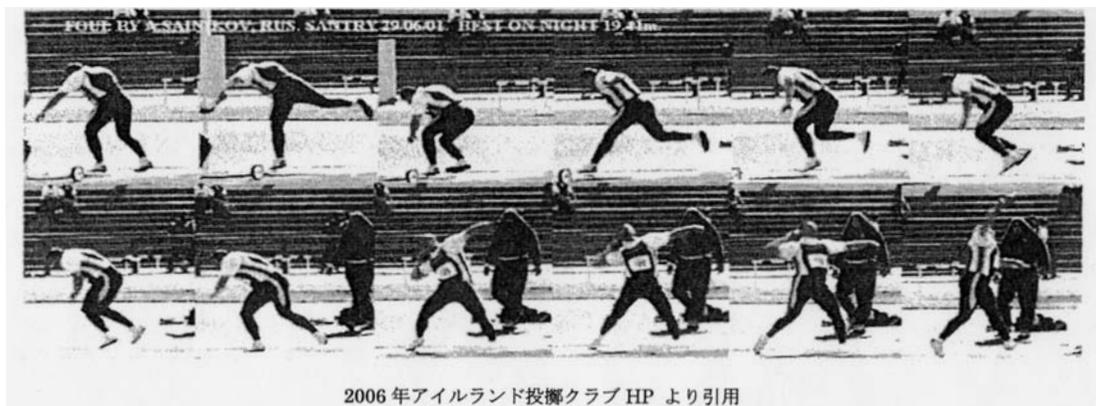
本研究では、ステップ・グライド投法をオブライエン投法と比較することからその優れたところを明らかにするとともに、より記録を向上させる方法について検討することにした。

2. 研究方法

2-1 オブライエン投法とステップ・グライド投法の動作分析

2-1-1 対象

被験者は過去に短距離混成競技を専門としていた陸上競技経験のある男性1名(身長175.0cm, 体重75.5kg)を被験者とした。被験者は砲丸を投げるときはオブライエン投法を用いていた。ステップ・グライド投法について説明し、理解させた後、2004年、9月~11月の2ヶ月間、週2~3回のトレーニングをオブライエン投法、とステップ・グライド投法の2つにつ



2006年アイルランド投擲クラブHPより引用

図3: A.サイニコフ(ロシア)による投擲

いて同時に練習させた。この間、筋力トレーニングや特別に両肢の動きを円滑にさせるような特別な練習内容は取り入れず、ただ、それぞれの投法を用いて投げることをのみを要求した。この時フォームを身につけることを主目的としたため、砲丸は4kgの軽量なものを使用した(小山1993)。

2-1-2 動作分析

実験時の投擲は6回行わせ、その中で最も記録のよかった投擲について、その動作を分析した。分析は3台のビデオカメラ(SONY社製：毎秒60駒)を砲丸サークルのまわりに設置し、被験者の左斜め前方、左斜め後方、右側方よりVTRに収録した。3台のカメラによって撮影された映像をPCに取り込み、3次元ビデオ動作分析システム(DKH社製：Frame-DIAS II for Windows)を用いて、身体各分析点(21点)および砲丸の中点を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化された座標値をDLT法により分析を行った。なお3台のビデオカメラは、LED同時信号機を用い同期記録し、3次元座標系は、図4に示したように投擲方向をY軸、それに水平直行する方向をX軸、垂直方向をZ軸とした。分析に際しては突き出し局面開始期(パワーポジションに入り躯幹の左回転が始まる時期、図5)、突き出し局面中期(砲丸が顔の横にあり胸の張りが開始される時期、図6)、リリース(砲丸が手から離れる瞬間、図7)に分け砲丸の合成速度を検討した。

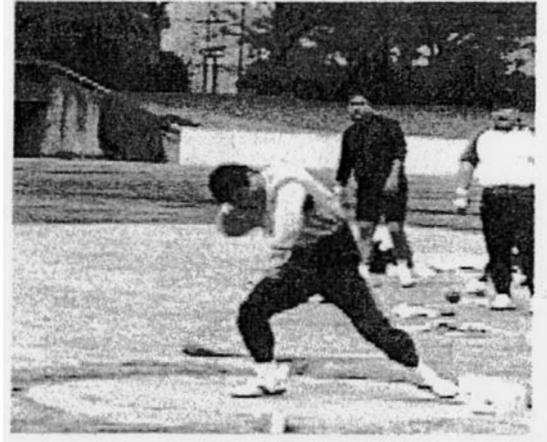


図5：突き出し局面開始期



図6：突き出し局面中期



図7：リリース

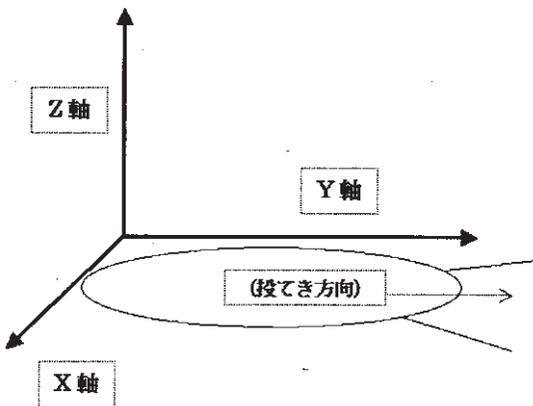


図4：3次元座標軸

3-1. 結果並びに考察

図8は被験者の実験時のステップ・グライド投法を図示したものである（黒塗り足は左足を表している．この時オブライエン投法の記録は11m90cm，ステップ・グライド投法は12m55cmであった．図9はオブライエン投法とステップ・グライド投法における砲丸の軌跡を上から見たものである．オブライエン投法では右斜め前方向に直線的に砲丸は移動しているがステップ・グライド投法では投擲方向（Y軸）に直線的に移動した後，右斜め前方に移動していた．この直線は左足着地までのものである，後方に残っていた左足が右足と切り替わって投擲方向へ移動するため股関節は開かず，身体の開きが抑制されていたことが推察される．そして砲丸の移動距離についてもステップ・グライド投法の方が約35cm長くみられた．

オブライエン投法についてみると，突き出し

局面開始期での砲丸の合成速度はほとんどグライドによるもので，リリース時の速度に対する割合が26.5%であったことは西藤（1969），橋本ら（1987）と同様の結果であった．突き出し局面開始期からリリースまでの速度増加はオブライエン投法73.5%，ステップ・グライド投法86.3%であり，同時にほかの被験者で行った回転投法の割合95.4%よりは小さいものであった（表2）．このことはステップ・グライド投法の足の切換え動作は回転投法と同じであり，パワーポジションでの速度増加がオブライエン投法と回転投法の間にあることを示している．西藤（1969）や加藤（1960）は投げのスピードが速い熟練者ほどグライドの速度も速いとしている．ステップ・グライド投法の突き出し局面開始期での速度はオブライエン投法よりも毎秒1m07cmも遅いにもかかわらず投擲記録は65cmも上回っていた．このことについてはステッ



図8：被験者のステップ・グライド投法

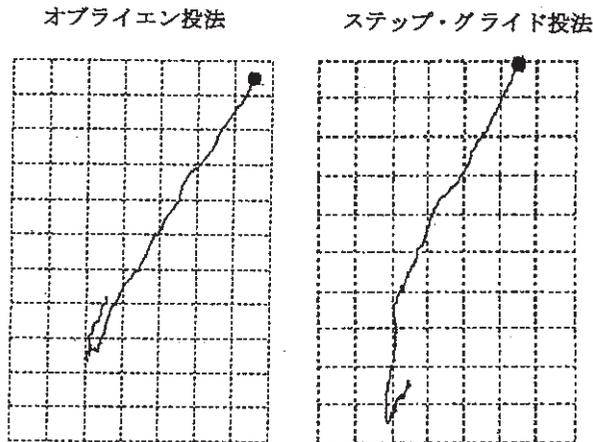


図9：真上から見た砲丸の軌跡

表2：各投法の各局面における砲丸の合成速度と割合

ステップ・グライド投法

A	B	R	A→B	B→R	A→R	記録
1.37m/s (13.7%)	5.65m/s	9.99m/s	4.28m/s (42.8%)	4.34m/s (43.4%)	8.62m/s (86.3%)	12m55cm

オブライエン投法

A	B	R	A→B	B→R	A→R	記録
2.43m/s (26.5%)	5.51m/s	9.18m/s	3.08m/s (33.6%)	3.67m/s (40.0%)	6.75m/s (73.5%)	11m90cm

回転投法

A	B	R	A→B	B→R	A→R	記録
0.40m/s (4.6%)	5.84m/s	8.76m/s	5.44m/s (62.1%)	2.92m/s (33.3%)	8.36m/s (95.4%)	10m10cm

ブ・グライド投法が回転投法の動きを有しているかもしくは、小山(1993)の指摘する、グライドによる水平方向への力を最大限に生かすため、限界まで水平方向へ移動し、突き出し直前に鉛直上向きに切り替える動作が行われていたのかもしれない。小山(1993)はこのように水平速度を利用する際には投擲角度も従来言われてきたような角度よりも、意図的に低い角度で投射することが目指されたとしている。リリース時の砲丸の投射角度はオブライエン投法35度、ステップ・グライド投法30度であった。また図10は上方向から見たリリース時のスティックピクチャを表している。リリース時の両肩を結んだ線(肩関節)と両大転子を結んだ線(股関節)がX軸となす角度(投擲方向側をプラス

とする)についてみるとオブライエン投法では腰(-18度)よりも肩(+5度)が大きくみられていた。すなわち腰のねじり戻しよりも肩のねじり戻しが大きくみられていた。これに対してステップ・グライド投法では両方の角度(腰:+5度, 肩:+8度)はほぼ同じ角度を示し、肩と腰のねじり戻しがほぼ同じ程度に行われており、これは回転投法のリリース時に見られるものに似ていた。すなわちグライド投法では上体の「起こし」とそれに続く「ねじり戻し」が行われるのに対して、ステップ・グライド投法では「起こし」に続いてZ軸回りの「ねじり戻し(回転)」が行われていることが推察され、Wechselschritt投法がオブライエン投法と回転投法の中間的技術であるととらえられていることと合致する。次に右足の着地場所を見るとオブライエン投法よりもステップ・グライド投法の方がサークル中央部付近に着地し、パワーポジションに入っていた。グライド投法ではグライド後の右足を身体の直下(パワーポジション)やサークル中央部までにひきつける動作を習得するのが難しいとされているがステップ・バック投法では比較的簡単に行うことができていた。

これらをまとめると、ステップ・グライド投法はこれまで指摘されてきたオブライエン投法の欠点を補うものであることが理解できる。す

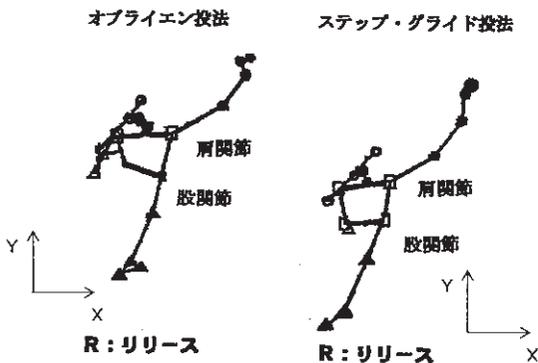


図10：真上から見た各投法のリリース時のスティックピクチャ

なわち、軸足である右足の2度にわたる大きな筋力発揮がないこと、パワーポジションに入りやすく、そして体の開きがないこと、グライドの距離が長いこと、体の回転動作が速く行われていること、砲丸の移動距離が長いこと、グライドの水平速度を投擲に生かすことができていること等である。

以上のことから、ステップ・グライド投法の改良点として以下のことが考えられた。①砲丸の初速度に影響を与える突き出し局面開始期における砲丸の合成速度（ほとんど水平速度）をオブライエン投法並みに高めること、②突き出し局面開始期からリリースまでの速度の増加を回転投法のレベルにまで向上させることである。①の改良として左脚の筋力増加とグライド動作の円滑化を図る。右足の蹴り動作に対応する左腕の後方への引き動作の強化であり、②の改良として左足接地を投擲方向に対して直線的にするのではなく、より左外側に接地させる技術を習得させる。このことにより、突き出し局面開始期からリリースの間で腰の回転を最大限に利用し、砲丸の移動距離を長くし、投射初速度を向上させる。また、今回の被験者は砲丸を専門とする選手でなかったため被験者を現役の砲丸選手とした。

2-2 ステップ・グライド投法の有効性について

2-2-1 対象

被験者I：砲丸投げを専門とする選手で最高記録が14m25cmを有する選手である。

15歳頃より砲丸投げを始め、記録を伸ばしてきた。28歳ころから10年間ほかのスポーツ（ボディビル）に転向したが、38歳のころから砲丸投げを再開、40歳には自己ベストである14m25cm（2002年兵庫陸上選手権大会2位）を記録するが、それ以降年齢とともに記録が低下し、右膝の怪我、坐骨や頸椎のヘルニアなどが重なり、記録が13mを超えることがない時期や砲丸を投げることができない時期もあった。そしてこれをきっかけに44歳（2006年3月）からステップ・グライド投法を試みることになった。そこで本研究ではこの20年近い砲丸投げの

経験者である被験者Iがステップ・グライド投法で若干の練習を行った後の投擲動作を（Pre）とし、その後著者らと被験者Iで意見交換をし、技術的改良点や練習方法について決定した。そして決定した事項を中心にトレーニングを行い、ほぼ技術が定着したと考えられる1年半後の投擲動作を（Post）としてそれぞれの動作分析を行った。

2-2-2 動作方法の改良

①突き出し局面開始期での砲丸の合成速度の向上について

左足でのグライドのスピードを上げるため、また、右足の蹴り出しをより速く行うため左腕の引きを利用したグライドを行う。これまでのオブライエン投法に関する研究（西藤1969、小山1993）によるとグライド時の速度増加については低いグライド、特に右脚の水平方向への蹴りが重要であるとされている。しかしながら予備実験の結果、ステップ・グライド投法ではオブライエン投法とは異なり、両足の切換え動作が入るため、低く水平にグライドすると切換え動作が円滑に行うことができなかった。そこで図3のSAINIKOVの動作を参考にしてグライド方向を斜め上後方に行うことにした。

②突き出し局面開始期 からリリースまでの身体の動作について

突き出し局面開始期からリリースまでの肩、腰のひねり戻し（回転）の範囲を大きくし、投射初速度を向上させるため、グライド後に右足接地から左足接地をする際、左足接地を投擲方向（Y軸方向）より左外側に接地させる。

③左足でのグライド速度を向上させるため、左足の膝関節伸展筋力向上のためのトレーニングと、グライド動作およびグライド後の左足と右足の切換え動作や投擲動作を円滑にさせるためのトレーニングを行わせた。

2-2-3 分析方法

分析方法は前回の実験と同様である。

3-2. 結果並びに考察

3-2-1 ステップ・グライド投法による記録の伸び

図11は被験者Iの現在まで生涯記録である。

43歳まではオブライエン投法を行っており、40歳の時に最高記録である14m25cmを記録したが、その後記録は下降を続けていた。そのような状態のときにステップ・グライド投法を取り入れることにした。ステップ・グライド投法では変更直後の実験時に12m03cm（2006年、3月）を記録して以来、記録を伸ばし、1年半後には13m69cm（2007年10月全日本マスターズ選手権大会第1位）を記録した。

3-2-2 ステップ・グライド投法の動作分析

ステップ・グライド投法の（Pre）、（Post）について動作分析を行った。図12は2006年3月に

行った実験（Pre）の際の、図13には1年半後の2007年10月（13m69cmの記録を出した直後）に行った実験（Post）の際の投擲動作の連続写真である。被験者Iの記録は（Pre）実験時：12m03cm、（Post）実験時：13m26cmであり、1m23cmの向上が見られた。前述のごとく、この時期のステップ・グライド投法のベスト記録は13m69cmであった。よって実験時の13m26cmはこの時期の被験者の実力を十分に発揮した投擲と考えられる。

図12（Pre）についてみると、これまで使用してきたオブライエン投法の影響が大きくみら

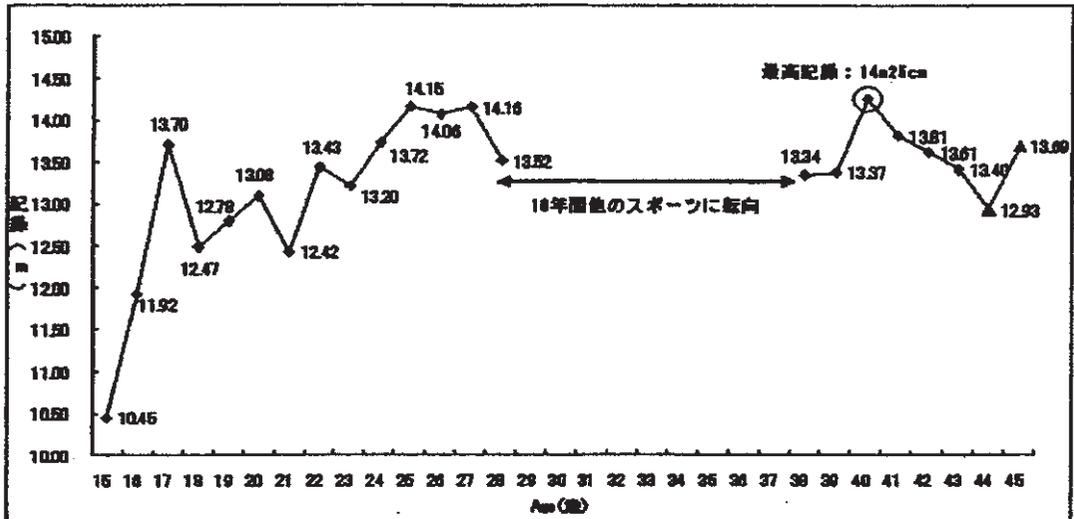


図11：被験者Iの砲丸投げの記録の変遷（◆：オブライエン投法、▲：ステップ・グライド投法

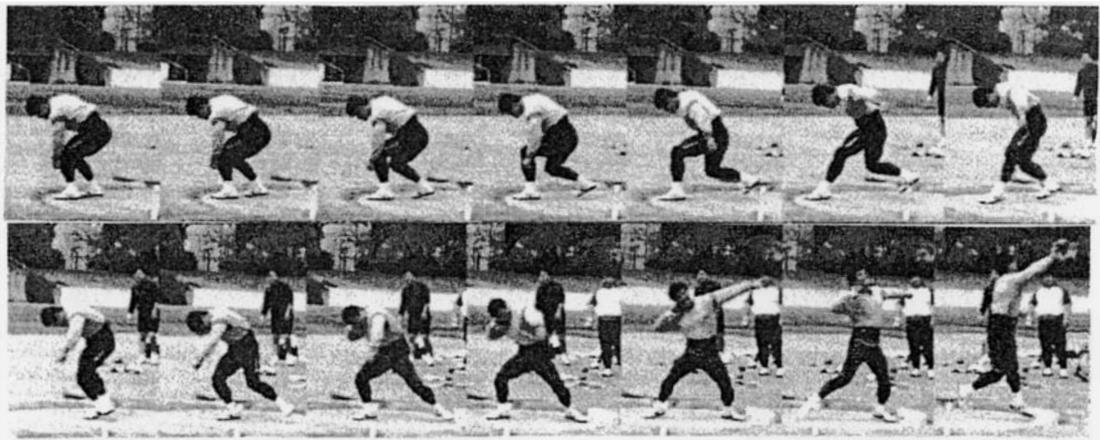


図12：被験者IのPre 時におけるステップ・グライド投法のフォーム

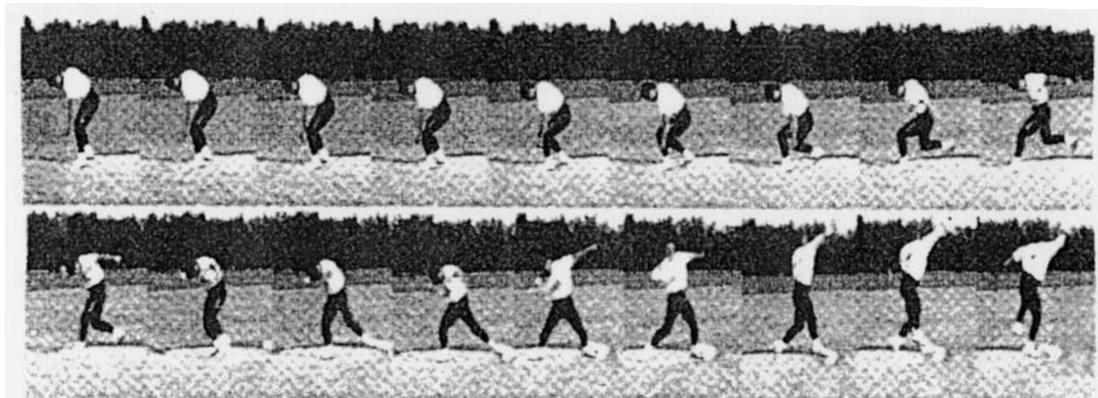


図13：被験者IのPost時におけるステップ・グライド投法のフォーム

れ、上体を低く構え、右足を水平に蹴りだし、突き出し局面開始期から突き出し局面中期のポジションにおいて右脚による上体の「おこし」と「ひねり戻しが」強力に行われ、いわゆる「Cライン」が身体の右側に形成されていた(小山1993)。これに対して図13(Post)では、上体の構えは高く、右足の振り出しも斜め後ろ上方に行われており、両足の切換え動作も図12に見られるよりはスムーズに行われているように見える。このとき図示していないが、真上から見た(Pre)と(Post)時の砲丸のグライド開始から左足着地までの軌跡は(Pre)では左脚の筋力不足や不慣れたグライドが原因で、左右にブレが見られ不安定であった。しかし1年半

の練習後に行った(Post)の投擲では砲丸の軌跡は直線的に描かれており、スムーズに行われていた。次に各局面における砲丸の合成速度を表3に表した。全ての局面において(Pre)の数値を(Post)が上回っていた。投射時の砲丸の合成速度は(Pre)：10.11m/s、(Post)：10.56m/sと0.45m/s向上していた。次に動作時間についてみると突き出し局面中期からリリースまでの時間は(Pre)、(Post)とも0.10秒で変化はなかったが突き出し局面開始期から突き出し局面中期に至るまでの経過時間は(Pre)：0.21秒、(Post)：0.18秒と(Post)の方が0.03秒短縮していた。

表3-①：ステップ・グライド投法の各局面における砲丸の合成速度(Pre)

A	B	R	A→B	B→R	A→R	記録
1.66m/s	6.44m/s	10.11m/s	4.78m/s	3.87m/s	8.45m/s	12m03cm

表3-②：ステップ・グライド投法の各局面における砲丸の合成速度(Post)

A	B	R	A→B	B→R	A→R	記録
1.96m/s	6.57m/s	10.56m/s	4.61m/s	3.99 m/s	8.60m/s	13m26cm

3-2-3 突き出し局面開始期の合成速度向上

突き出し局面開始期における砲丸の合成速度は (Pre) : 1.66m/s, (Post) : 1.96m/s で 0.3m/s 向上していた. この速度の向上の要因として左腕の引きを利用したグライドの習得が挙げられる. これは垂直跳びで大きく両腕を振って, 跳び上がる時に見られるように, それをグライドする場面で利用した左腕の引きを利用した技術である. つまり後ろ向きに歩く時, 左腕を引き, 右足を後ろに下げ歩行するが, ステップ・グライド投法では左腕を大きく投擲方向に引き, その動作によって右足を投擲方向へリードするとともに左足の伸展動作に補助的に働き, グライド動作をスムーズに行わせていた. この時の左脚膝関節伸展角速度の最大値はそれぞれ, (Pre) : 515.4deg /s, (Post) : 550.3deg /s であり, 古谷 (1989) と同様の結果を得た. グライド期に左腕の中で最も速い速度が見られた左手先の合成速度ピーク値出現時期と左脚膝関節伸展最大角速度出現時期の時間差は (Pre) : 0.08秒, (Post) : 0.03 秒で, Postの方がより近似していた. したがって (Post) では, 左腕の後方への振り動作と左足のグライド動作がほぼ同時に最高値に達するような連動動作が行われていることを示している.

3-2-4 グライド後の左足接地について

突き出し開始期からリリース までの躯幹のねじり戻し (回転) 速度を増加させるため, 左足接地を直線的でなく投擲方向よりも左外側に接地させる技術を習得させた. その結果, 突き出し局面開始期では右足先と左足先を結んだ線と投擲方向 (Y軸) とのなす角度は (Pre) : 1.95度, (Post) : 6.98 度と (Pre) では, ほとんど投擲方向に左足を着地していたが (Post) では投擲方向よりも左に着地しており, 改善がみられていた (図14). この後図示していないが, リリース時の右肩と左肩を結んだ線に対する右腕上腕の位置は投擲方向 (前方) に位置し, 右腕上腕のなす角度は (Pre) : 16度, (Post) : 31度であり, 砲丸の投擲動作において重要な要因である肩関節の屈曲動作 (末吉1988) が大きく (Post) でなされていた.

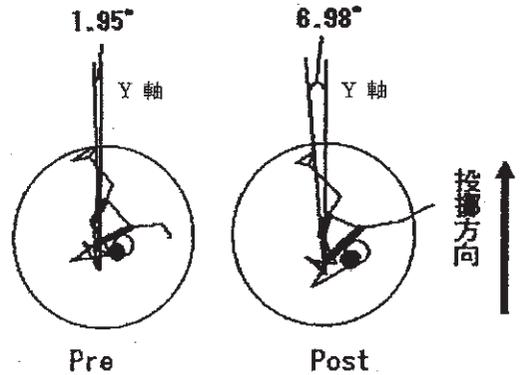


図14: 突き出し局面開始期における真上から見たスティックピクチャ
(円はサークルを表している)

3-2-5 ステップ・グライド投法習得のためのトレーニング

1) グライドおよび切換え動作の為のトレーニング

左足によるグライドを円滑に行うための連続グライド練習, 軽い砲丸を使用してのグライドから投擲にいたるまでの全体練習, 素早い切換え動作習得の為の, バックジョギング, バックランニング, バックダッシュ等を行わせた.

2) 筋力トレーニング

各局面での速度向上の要因である筋力向上について, 被験者 I の練習計画を調査した結果, ベンチプレス (+10kg), ケーブルフレンチプレス (-5kg), スミスバックマシン (-10kg) では肘関節障害により, あまり効果は見られなかったが, レッグプレス (+110kg), ドンキーカーフレイズ (+50kg) 等, 大腿, 下腿関係では筋力が増加していた. これらとステップ・グライド投法への改良期から左足のワンレッグエクステンションとワンレッグプレスを取り入れたことは, 左腕の反動を利用したグライドの技術とともにグライド局面における左膝関節伸展角速度の向上をもたらし, 突き出し局面開始期における砲丸の合成速度の0.3m/s, 水平速度の0.45m/s の向上につながったものと考えられる. 切換え動作に対する効果は, グライド後, 左足離地から右足着地までの空中局面における両脚

の切換時における左足先の最高速度は109%、右足先の最高速度では126%と増加していた。右足は左足グライド前に蹴りだし動作を行うために加速され、左足がグライド開始され始めると一度減速の後再度加速されていたこの時の最高値と、この間、加速されていた左足の最高値との関係を左右の足先の動きについてみると、(Pre)では0.06秒右足先が先行していたが(Post)では両足先はほぼ同時に最高値を迎えていた。これらのことはグライド中の左右足の切換え動作が円滑に行われていることを示唆しているものと考えられる。

実験の後の検討会で、左腕の振りすぎが問題とされた。振りすぎると、両脚切り替え時期(空中局面)にはいまだ左腕は前方に残ってお

り(図13:下の段, 2駒目), よって上体のねじりを作る動作が遅れ, 突き出し局面開始期に左肩が開きぎみの状態になっていた(図13:下の段, 1~4駒)。それを矯正する方法を論議した。そして右足の蹴りだしに効果的・補助的に働くとともに突きだし局面開始期までにねじりのポジションまで回復させる方法として左足の膝関節最大伸展時頃に前方への振りをやめ, 後方へ引き戻すようにし, 左右の足の切換え時頃には「ひねり」動作のためのポジションを取るようにした。また, この引き戻し動作の反動で左足の前方へのスイング速度が高められるものと考えられた。その結果, トレーニング開始8ヶ月後には14m07cm(2008年, 7月)まで記録を更新するまでになった(図15)。

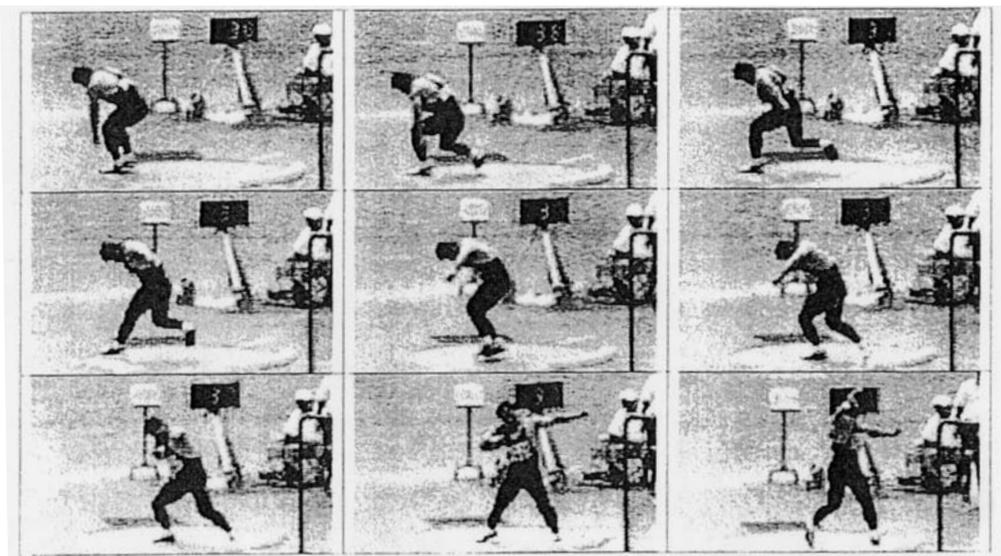


図15：被験者Iの14m 07cm を記録した際のステップ・グライド投法のフォーム

4. 要約

本研究では第1段階として、松下が考案・紹介したステップ・グライド投法とオブライエン投法を動作分析しその投擲技術を比較検討した。ステップ・グライド投法はオブライエン投法と異なり、右利きの選手であれば、左足でグライドを行い、右足を蹴り出す投法である。よって足の動きは①右足離地⇒②左足離地⇒③右足接地⇒④左足接地の順になる。砲丸投げを行う場合、オブライエン投法を用いる元陸上競技選手1名を対象にして、2ヶ月の練習後の投擲動作を3次元ビデオ動作分析システムを使用し、DLT法を用いて分析を行った。練習後の投擲記録はオブライエン投法：11m90cm、ステップ・グライド投法：12m55cmであった。分析の結果、ステップ・グライド投法では砲丸は左足接地頃まで投擲方向へ直線的に動き、いわゆる身体の「開き」は見られなかった。左足の接地位置はサークルのほぼ中央にみられ、オブライエン投法よりも投擲方向に接地していた。突き出し局面開始期、突き出し局面中期、リリースにいたる砲丸の合成速度の変化は突き出し局面開始期ではオブライエン投法が勝っていたが、突き出し局面、リリースではステップ・グライド投法が勝っていた。このことはステップ・グライド投法では突き出し局面開始期からリリースに至る期間の速度増加がオブライエン投法に比して著しいことを示し、回転投法の速度増加に似た傾向であることが認められた。

また、改良点として、以下のことが指摘された。①砲丸の初速度に影響を与える「突き出し局面開始期」における砲丸の合成速度（ほとんど水平速度）をオブライエン投法並みに高めること。

②「突き出し局面開始期」から「リリース」までの速度の増加を回転投法のレベルまで向上させることの2点であった。

第2段階として、指摘された点を改良すべく、現役砲丸投げ選手（最高記録14m25）を対象として実験をおこなった。改良点は①については特に左脚の筋力アップとグライドの仕方の改善（特に左腕の振り動作）および両足の切換え動

作の円滑化、②については突き出し局面開始期からリリースまでの身体のZ軸回転力強化とそのため左足着地の仕方であった。以上の点を中心として練習を積み重ね、1年半後には実験時の記録を1m23cm（12m3cm～13m23cm）向上させた。この間、突き出し局面開始期での砲丸の合成速度は、0.30m/s、リリース時では0.45m/s向上していた。その後、左足グライド時の左腕の振り動作に改良を加え、8ヶ月後には14m07cmに記録を更新した。

現在、女子砲丸の歴代10傑は全てオブライエン投法である。ステップ・グライド投法はオブライエン投法の問題点（特に軸足の2度にわたる大きな筋力発揮を必要としないこと）を解消する投法であり、より女性向きの投法であると考えられる。

文献

- Fuchser, Isidor : Kugelstossen; Die Wechselschritt-Technik, BLD-Lehrbeilage, pp1-12, (発表年不明)
 (注：BLVのホームページから引用したもので発表年は不明であった。)
- 古谷嘉邦・畑 康太郎：砲丸投げのグライド動作に関する実験的研究—主として振り出し脚について—, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 1, pp72-78, 1989
- 橋本 勲・池上康男・桜井伸二・安藤好郎・室伏重信：砲丸投げの身体運動学的研究, 中京女子大学紀要, 21, pp51-58, 1987
- 順天堂大学陸上競技研究室：順天堂メソッド「勝つための陸上競技」, 澤木啓祐監修, 第1版, ベースボールマガジン社, 2009, pp.130-134
- 加藤博夫：連続写真による砲丸投の分析研究, 体育の科学, 10-5, pp277-279, 1960
- 小山裕三・青山清英：砲丸投げの運動修正に関するモルフォロギ的考察, スポーツ方法学研究, 12-1, pp79-86, 1999
- 松下健二：砲丸投げの新投法開発に関する一考察, 日本体育学会第56回大会予稿集, p.331, 2005

- 尾縣貢：ぐんぐん強くなる！陸上競技，第1版，ベースボール・マガジン社，2007，pp142-152
- 西藤宏司：砲丸投の投てき技術に関する研究，中京体育学論叢，11（1・2），pp309-325，1969
- 関岡康雄：陸上競技の方法，第1版，道和書院，1990，pp152-166
- 関岡康雄：陸上競技入門，第1版，ベースボール・マガジン社，1991，pp32-137
- 末吉靖宏：砲丸投げにおける上肢の運動の力学的解析，鹿児島大学教養部紀要，体育科報告，21，pp57-67，1988
- 田邊潤：砲丸投げにおける初心者指導のための効果的投げ方についての研究，陸上競技マガジン，1983年第4号，pp.165-168，1983
- 植屋清見：回転式砲丸投げの技術について，J.J.SPORTS SCI. 日本バイオメカニクス学会編，pp.91-97，1985
- Ward, Paul：THE SHOT PUT, PART I，Technique Analysis, pp1942-1943，1975