

国士舘大学審査学位論文

「日本人投擲競技者における世界水準との差異を生む要因

—やり投と砲丸投の比較から—」

「The factor for difference of performance levels between
Japanese and World-class elite athletes

—In case of Javelin throw and Shot put—」

小山 裕三

氏 名	小山 裕三
学 位 の 種 類	博士（体育科学）
報 告 番 号	乙 第 4 3 号
学位授与年月日	平成 2 9 年 3 月 2 0 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	日本人投擲競技者における世界水準との差異を生む要因 一やり投と砲丸投の比較から一
論 文 審 査 委 員	（主査）教 授 角田 直也 （副査）教 授 池田 延行 （副査）教 授 松本 高明

博士論文

日本人投擲競技者における世界水準との差異を生む要因
一やり投と砲丸投の比較から一

**The factor for difference of performance levels
between Japanese and World-class elite athletes**

– In case of Javelin throw and Shot put –

小山 裕三

博 士 学 位 論 文

日本人投擲競技者における世界水準

との差異を生む要因

—やり投と砲丸投の比較から—

**The factor for difference of performance levels
between Japanese and World-class elite athletes**

— In case of Javelin throw and Shot put —

国土舘大学大学院

スポーツ・システム研究科

小山 裕三

Yuzo KOYAMA

Graduate School of Sport System, Kokushikan University

目次

第1章 緒論	1
1-1. 序論	1
1-2. 研究小史	6
1-3. 研究目的	8
第2章 研究Ⅰ：経験者と未経験者の相違からみた砲丸投の運動課題に関する研究	11
2-1. 研究目的	11
2-2. 方法	11
2-3. 結果	18
2-4. 考察	26
2-5. 結論	32
第3章 研究Ⅱ：日本トップレベル選手の特徴からみた砲丸投の運動課題に関する研究	33
3-1. 研究目的	33
3-2. 方法	33
3-3. 結果	34
3-4. 論議	44
3-5. まとめ	55

第4章 研究Ⅲ：砲丸投の運動課題に対する運動学的視点からの研究・・・・・・56

4-1. 研究目的・・・・・・56

4-2. マイネルの局面構造・・・・・・57

4-3. ティドウの運動構造分析・・・・・・58

4-4. 運動者からみた砲丸投の構造分析・・・・・・60

4-5. おわりに・・・・・・66

4-6. 要約・・・・・・67

第5章 研究Ⅳ：やり投の運動課題に対する運動学的視点からの研究・・・・・・68

5-1. 序論・・・・・・68

5-2. 研究方法と研究対象・・・・・・68

5-3. やり投の運動構造・・・・・・70

5-4. 指導者から見たM選手の技術構造分析・・・・・・74

5-5. M選手の内省的運動意識分析・・・・・・76

5-6. おわりに・・・・・・80

5-7. 要約・・・・・・80

第6章 総括論議・・・・・・82

6-1. 砲丸投の運動学的論議・・・・・・82

6-2. やり投の運動学的論議	85
-----------------	----

6-3. 競技力差の要因に関する運動学的論議	87
------------------------	----

第7章 結語	89
--------	----

参考文献	90
------	----

謝辞	97
----	----

原 著 論 文

1. 小山裕三・浜松亜紀・青山清英・小倉幸雄・川井明・澤村博（1994）砲丸投の突き出し動作に関する研究（熟練者と未熟練者の比較）. 陸上競技研究, 17 : 10-15.
2. 小山裕三・澤村博・青山清英・植屋清見（1999）野口安忠選手の砲丸投の動作一特性と記録更新に関する研究. 陸上競技研究, 36 号 : 37-43.
3. 小山裕三・村上幸史・鬼澤範子（2010）国内一流砲丸投競技者の運動投企内容に関するスポーツ運動学的考察 陸上競技研究, 83 : 19－23.

第 1 章 緒論

1-1. 序論

スポーツは人間の基本的な動作にスポーツ特有の戦術や技術、道具を織り交ぜて洗練されたものである。この人間の基本的な動作とは、歩く・走る・跳ぶ・投げる・捕る・掴むなど様々であり、その動作は千差万別であるといえる。

その中の 1 つに投げるという動作がある。投げるという動作は一般的には、手に持っている物体に、持っている手によって速度を与えて空中に放す動作であると説明している（桜井，1992）。つまり、物体へ速度を与え、空中に放す時にはそれが初速度となり、力学的な諸要因を含んでその物体の速度や変化、到達距離などとなる。しかし、投げるという一連の動作にも様々な目的があり、その目的に沿って投げる動作の形が異なる。投げるという動作は、陸上競技における投げ、球技における投げ、格闘技における投げ、武術における投げ、遊戯における投げ、スポーツにおける投げる動作の分類だけでも大まかには 4 種類程度あるが、スポーツ種目における投げる動作となると、種目数に応じた目的数だけ存在すると考えられる（鈴木・角田，1980）。

陸上競技における投げる種目について着目すると、投げる動作が含まれる種目として砲丸投、円盤投、ハンマー投、やり投が挙げられる。これに加えて、マスターズ陸上競技においては重量投が存在する。一般的には、これらの種目を総じて投擲種目という。投擲種目の特徴は、それぞれに定められた投擲物をどれだけ遠くに投げることが出来るかを競う。基本的には、「投げる」という動作の特性上、末端部である手によって物体へ速度を与えることから、手の速度や力発揮を大きくさせなければならない。一般的に末端部である手は

動作範囲が大きい反面、それを動かす筋群が小さいため、大きな力を発揮することができない（阿江・藤井，2002）。そのため、動き全体を通して、大きな仕事のできる下肢などをタイミングよく順次加速させ、末端部の速度や力発揮を大きくできる運動連鎖の原則（kinetic chain principle）に従って動かす必要があると考えられる（阿江・藤井,2002）。速度と運動エネルギーの関係より、この原則は末端部へ向けて運動エネルギーの転移が起きている事を示していると指摘されている（Joris et al, 1985）。このような基本的な原理を踏まえつつ、種目ごとに異なる投擲物に合わせた投擲方略が存在し、その洗練化は常に課題であるといえる。

わが国における投擲種目の競技水準は、種目によって世界との差に違いがみられる。日本記録と 2015 年の世界ランキングを比較すると砲丸投が 156 位、円盤投が 104 位、ハンマー投が 1 位、やり投が 8 位である。ハンマー投とやり投に関しては、世界歴代 100 傑内（ハンマー投が 4 位、やり投が 35 位）に入っている。また、近年の世界大会やオリンピックの結果から見ても、これらの種目間の競技水準差は明らかである。このような投擲種目のランキング結果から、日本の砲丸投と円盤投の競技水準は世界の競技水準よりも低く、ハンマー投とやり投は世界水準においても高いといえるであろう。加えて、ハンマー投以外の投擲種目が組み込まれた十種競技において、日本人は砲丸投を苦手とする傾向がある（持田ら，2010）。また、ハンマー投種目に関しては、特定の選手のみが競技水準が高く日本人が相対的に競技水準が高いわけではない。さらに、表 1 には 2014 年度の日本陸上競技連盟に競技者登録をしている人口をカテゴリー別に示した。この表からみてわかるように、中学生の競技者が全体のおおよそ半数を占めていることが分かる。さらに、表 2 には、各

カテゴリーにおける代表的な全国大会での実施種目をまとめたものである．日本の陸上競技人口のおおよそ半数を占める中学生のカテゴリーでは，砲丸投のみしか実施していない．つまり，砲丸投は，投擲種目の中で最も早く取り組むことができ，必然的に競技人口も多くなるのではないかと推察される．以上のような特徴を持つわが国の投擲種目では，世界記録と大きく差がある砲丸種目と世界記録と同等の水準を保持しているやり投種目があると言え，この二つの種目では同じ投擲種目でありながら世界との競技水準に大きな差がみられると考えることができる．

そこで本研究では，日本人の中で世界記録との差に大きな違いがみられる 2 種目に着目して，運動力学的観点から 2 種目の競技力の違いについて検討する．そして，両競技の競技力向上と維持のための課題を示す．

表1 2014年度日本陸上競技連盟登録会員数

	一般登録者	大学生登録者	高校生登録者	中学生登録者	合計
登録者数(人)	85228	19359	115577	174821	394985
割合(%)	21.58	4.90	29.26	44.26	100

表2 各カテゴリーにおける代表的な全国大会での実施種目

		砲丸投	円盤投	ハンマー投	やり投げ
一般	男子	○	○	○	○
	女子	○	○	○	○
大学生	男子	○	○	○	○
	女子	○	○	○	○
高校生	男子	○	○	○	○
	女子	○	○	×	○
中学生	男子	○	×	×	×
	女子	○	×	×	×

*一般：日本陸上競技選手権大会

*大学生：日本学生対校陸上競技選手権大会

*高校生：全国高等学校対校陸上競技選手権大会

*中学生：全日本中学校陸上競技選手権大会

○：実施する

×：実施しない

1-2. 研究小史

以下では、これまで行われてきた砲丸投とやり投に関する研究について概観する。

砲丸投の研究に関して植屋（1980）の指摘にあるように、世界的にみて 1960 年代以降に盛んに行われてきたと考えられる。日本においては、投擲動作に関する力学的な分析（西藤，1969；古谷ら，1989；植屋ら，1994；Byun et.al, 2008；Schaa, 2010）や投擲動作に関する運動学的考察（小山ら，1999 小山ら，2002，小山ら 2010），実践的なトレーニング手段，技術修正・獲得に関するもの（瓜田ら，2009；中山ら，2011；白井ら，2011；野口，2012）などが行われてきた。これらの潮流を踏まえ，ここでは砲丸投の投動作における理想的な動作と課題について先行研究を概観する。

一般的に砲丸の投擲距離はその大半が初速度により決定され，その 80%が投動作によって生み出される（西藤ら，1974）。その投動作について，末吉（1988）は砲丸を持った右上肢の力学モデルを構成し，上肢の運動について力学的解析を行った。その結果，投動作において肩関節を屈曲させるトルクが大きな役割をはたしていることを示した。さらに，篠原ら（1997）は，世界トップレベルの競技者と日本トップレベルの競技者の発揮したパワーと上肢の機能について比較検討を行っている。その結果として，日本トップレベルの競技者は，世界トップレベルの競技者に比べて砲丸の速度ベクトルと上肢の力発揮方向のずれが大きいことを明らかにしている。また，田内ら（2006）と田内（2007）は，砲丸投における日本人競技者の課題について，世界トップレベルの競技者と日本人競技者を対象として身体各部の貢献度の観点から比較検討している。その結果，投動作局面において世界トップレベルの競技者は日本トップレベルの競技者に比べて，体幹の回転の貢献が顕著に

高いことを明らかにしている。

以上のことから、肩関節の屈曲トルクを大きくすること及び速度ベクトルと上肢の力発揮方向を一致させること、これらの機能が働く投動作局面では体幹の回転動作の貢献が大きいことがわかる。そのため、砲丸投における理想的な投動作は体幹の回転動作による貢献を高くし、上肢で発揮する力の方向と砲丸の速度ベクトルを一致させるような動作であるといえる。そして、日本人競技者は、体幹の回転動作を投動作に活用できておらず、上肢の力発揮と砲丸の速度ベクトルの間にずれが発生していることが現状の課題であるといえる。

一方で、やり投の研究に関しては、投擲技術や動作分析を行ったもの（高松，1980；田内ら，2007；2009；2012；村上ら；2014）や、やり投選手の体格・体力指標について研究されたもの（宮口ら，1990；大川ら，2005；中野ら，2007），傷害について行ったもの（莊則，1989；小山ら，2015），トレーニング手段について検討したもの（宮口・前田，1991；前田，2006），投擲物体である「やり」そのものの挙動・飛行について行われたもの（宮口・前田，1987；前田，1992）などがみられる。ここでは、やり投の投動作における理想的な動作と課題について先行研究を概観する。

やり投における記録に影響を与える技術要因として、高松（1980）はリリース時におけるやりの初速度、特に水平初速度を如何に大きくするかが重要であり、そのためには投動作時における手の水平移動距離の増加、右脚接地時の後傾角が重要であると指摘している。また、野友ら（1998）は競技水準の異なるやり投選手の投動作について比較検討している。その結果、競技水準の高い選手は体幹の後傾が小さいことと左膝関節角度が大きいこと、

右肘角度がより屈曲し上腕もより内転していたことを報告している。さらに、田内（2007）は、世界トップレベルの競技水準に対する日本人競技者の課題として、下肢（助走速度）と体幹の長軸回転による投動作の貢献を高くしつつ、上肢の回転動作による貢献を高くする必要があると指摘している。

これらのことを踏まえて、田内（2014）はやり投の投動作についての客観的評価基準の項目として 7 つの項目（助走速度、身体重心とグリップとの水平距離、上肢角度、腰の角変位、体幹角度、左膝角度、右膝角度）を投擲距離との相関分析により算出し、各項目の数値から得点化を行い、投動作の評価基準を策定している。つまり、やり投において世界レベルと日本人競技者の投動作の差は解明されており、それらをもとに具体的な動作基準が作成されているのが現状であるといえる。

1-3. 研究目的

投擲種目における目的は、より高い投擲距離を発揮することである。言い換えれば遠投能力であり、それは物理学的現象を無視できない。つまり、物理学的現象を根幹とした動作分析や物理法則に従った効率的な運動技術の開発が求められる。しかし、実際に物理学的、動作形態的に理想とされる運動技術を実践するのは人間であり、人間によって再現、発揮されなければならない。この時、それまでの運動経験や思考、判断、資質などによって構成された人間個人の「感性」により再現、発揮されることとなる。マイネル（1990）が示すとおり、この再現していく過程（運動過程）にこそ大きな意義があり、運動経過を分析することに実践的な価値があると考えられる。

研究小史を概観しても、科学的に客観性を持って分析された研究が大半であり、ノイマ
イヤー（1995）が指摘する質的特性をとらえた研究は多くない。加えて、十種競技におい
て得意とされ、単体種目としても世界水準であるやり投と、十種競技では不得意とされ、
世界水準に最も遠い砲丸投の投動作の違いを運動過程から質的側面、つまり運動学的側面
から検討した研究はみられない。これらを検討することは、競技力の差の原因追究、今後
の競技水準の引き上げにつながるのではないかと考えられる。

そこで本研究は、砲丸投とやり投における投擲動作に着目し、世界トップレベルとの競
技水準に違いが生じている原因について明らかにすることを目的とした。このことにより
砲丸投種目の競技力向上とやり投種目における競技水準の維持・向上に役立てる知見を提
供することを目指した。

本研究では、研究目的を達成するために以下の研究課題を設定した。

研究①：砲丸投の投運動に関する力学的研究

研究②：砲丸投の投動作に関する運動学的研究

研究③：やり投の投動作に関する運動学的研究

まず、研究①において砲丸投の運動課題を力学的観点から検討し、その特徴および課題
を明らかにしていく。そして、研究②において砲丸投の運動課題について運動学的視点か
ら明らかにする。研究③では、やり投を対象とし、運動課題について運動学的観点からの
研究を行う。その後、本研究の総括議論を行うこととした。また、各研究の位置づけにつ
いては表 3 にまとめた。

表3 各研究の位置づけ

	力学的観点		運動学的観点		競技力
	現象	客観			
砲丸投	上肢の力学的特性 体幹の力学的利用	①(研究Ⅰ,Ⅱ)	②(研究Ⅲ)	→	形成
やり投	投運動の力学的特性 やりの飛行に関する力学的解析	7つの項目から評価基準を明確にしている	③(研究Ⅳ)	→	形成

① 砲丸投の投運動に関する力学的研究(研究Ⅰ,Ⅱ)

② 砲丸投の投動作に関する運動学的研究(研究Ⅲ)

③ やり投の投動作に関する運動学的研究(研究Ⅳ)

第 2 章

研究 I 経験者と未経験者の相違からみた砲丸投の運動課題に関する研究

2-1. 研究目的

砲丸投の運動課題について力学的観点から明らかにすることを目的として、キネティクスおよびキネマティクスデータを用いて、熟練者と未熟練者の違いがどのような技術差を生じさせるのか検討した。

2-2. 方法

2-2-1. 実験およびデータ処理

被験者は、熟練者として大学の陸上競技部に所属し、砲丸投げを専門とする男子学生競技者 5 名と社会人競技者 1 名、未熟練者として投擲種目以外の種目を専門とする男子学生競技者 10 名とした。被験者の身体特性は表 4 に示している。

実験は、陸上競技場の砲丸投げサークルにて行った。実験試技は、16 ポンドの砲丸を用いて各被験者に全力で 3 回の投擲を実施させた。実験試技の撮影は、予備動作から投げにいたる一連の動作をサークルの中心から側方 20m の地点より 1 台のビデオカメラ（パナソニック社製、NV-S1）を用いて、毎秒 60 コマで撮影した。この際、実距離を算出する際の基準となるマークを同時に撮影した。

撮影された VTR 画像から、身体各部位と基準マークの位置を読みとり、基準マークのスケールをもとに実長に換算した。なお、この際デジタルフィルターを用いて 6Hz で平滑化

した．この動作の分析は、両足が地面に接地した時点から砲丸が手から離れる瞬間まで行われた．その際、後の微分演算のことを考慮し、分析範囲の前後 5 コマ以上についても分析を行った．

表4 被験者の身体特性および試技最高記録

	身長 (cm)	体重 (kg)	最高記録 (m)
熟練者 (n=6)	180.0±3.9	102.0±12.47	15.77±1.69
未熟練者 (n=10)	180.07±5.3	74.7±10.38	9.36±1.36

2-2-2. 測定項目

得られたデータから、砲丸の初速度、投射角、投射高、突き出し動作の動作時間を求めた。また、橋本ら（1991）の方法を用いて式（1）から式（6）より、突き出し動作中に砲丸に加えられた平均力、力の方向、力積、平均パワーを算出した。また、力の方向から投射角を減じて力の方向と投射角の角度差も算出した。同時に上肢各部位の速度を算出した。

(1) 水平力＝体重（リリース時の水平速度－両足接地時の水平速度）／両足接地時からリ

リースまでの動作時間： $F_x = M(V_{ox} - V_{ix})/T$

(2) 鉛直力＝（リリース時の鉛直速度－両足接地時の鉛直速度）／両足接地時からリリ

ースまでの動作時間＋重力： $F_y = M(V_{oy} - V_{iy})/T + Mg$

(3) 平均力＝ $\sqrt{\text{水平力}^2 + \text{鉛直力}^2}$ ： $|F| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

(4) 力の方向＝鉛直力／水平力： $\tan(\theta f) = F_y/F_x$

(5) 力積＝平均力・両足接地時からリリースまでの動作時間： $I = |F| \cdot T$

(6) 平均パワー＝（両足接地時の力学的エネルギー－リリース時の力学的エネルギー）／

両足接地時からリリースまでの動作時間： $P = (E_f - E_i)/T$

ここで F_x は動作中に砲丸に加えられた平均の水平力、 V_{ox} はリリース時の水平速度、 V_{ix} は両足接地時の水平速度、 F_y は平均の鉛直力、 V_{oy} はリリース時の鉛直速度、 V_{iy} は両足接地時の鉛直初速度、 $|F|$ は平均力、 θf は発揮する力の方向、 I は力積、 T は両足接地時からリリースまでの動作時間、 P は平均パワー、 E_f は両足接地時の力学的エネルギー、 E_i はリリース時の力学的エネルギーを示している（図 1 および図 2）。なお、本研究では、両足が接地した時点からリリースまでの動作を突き出し動作と定義する。平均値の差の検定

には， t 検定を用い有意水準は 5%以上とした．

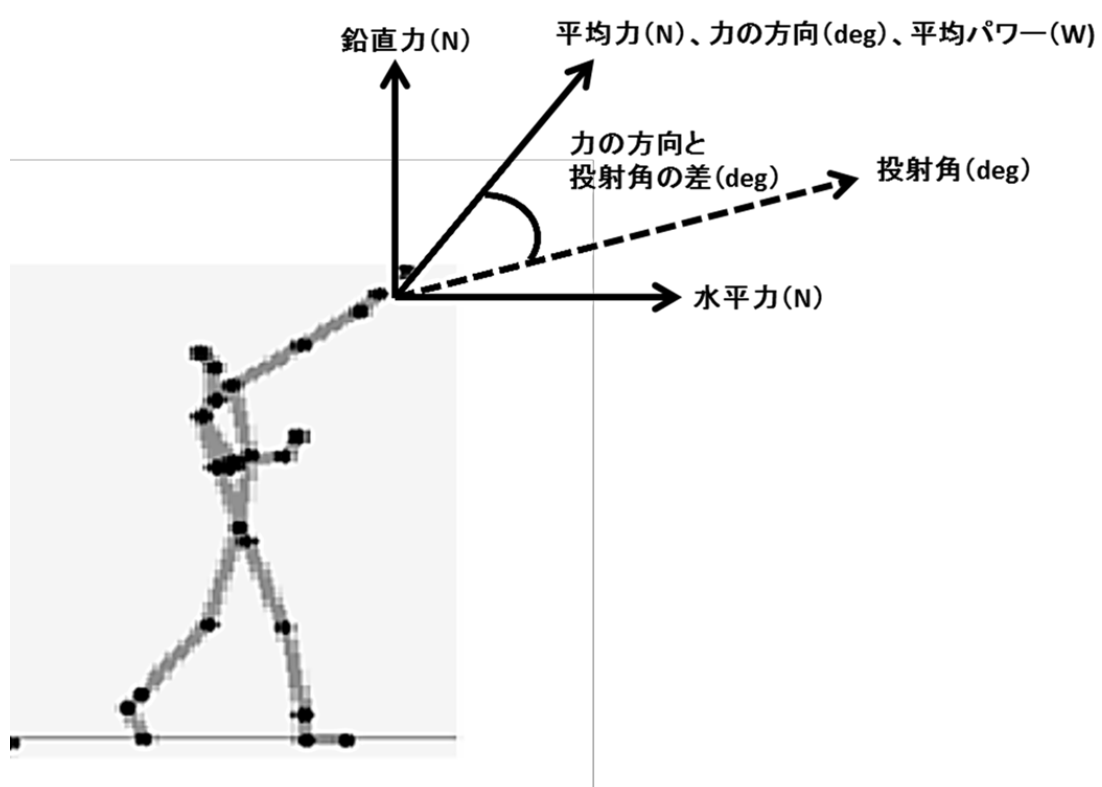


図1 測定項目(キネマティクスデータ①)

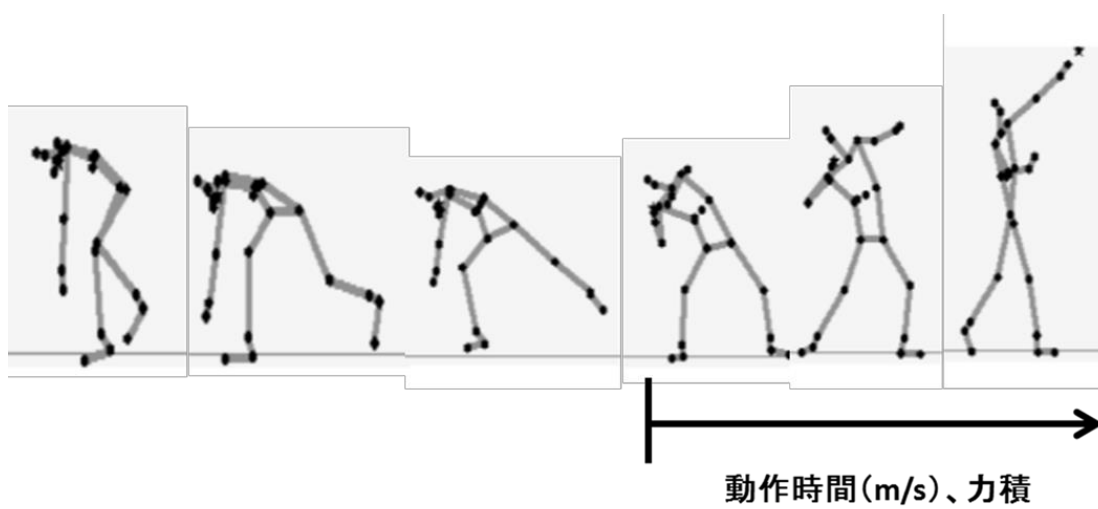


図2 測定項目(キネマティクスデータ②)

2-3. 結果

2-3-1. リリース時の諸要因について

表 5 はリリース時における諸要因の測定結果を示したものである。熟練者と未熟練者の間には、試技記録と初速度において有意な差 ($P < 0.001$) がみられ、熟練者の方がいずれも大きな値を示した。投射角、投射高では有意な差はみられなかった。

表 6 はリリース時における諸要因と試技記録との相関関係を示したものである。熟練者では初速度、投射高において有意な正の相関 ($r=0.98 : P < 0.01$, $r=0.97 : P < 0.01$) がみられた。未熟練者においては、投射角においてのみ有意な正の相関 ($r=0.61 : P < 0.05$) がみられた。

表5 突き出しにおける諸要因

	試技記録 (m)	初速度 (m/s)	投射角 (deg)	投射高 (m)
熟練者	14.48*	10.65*	45.53	2.10
	± 1.14	± 0.82	± 3.35	± 0.11
未熟練者	9.17	8.59	40.35	2.08
	± 1.24	± 0.66	± 10.48	± 0.14
	*P<0.001	平均±標準偏差		

表6 リリース時の諸要因の試技記録との関係

	初速度	投射角	投射高
熟練者の 記録	0.98 *	-0.25 *	0.97 *
未熟練者の 記録	0.40 NS	0.61 **	-0.11 NS

注) 上段の数字は相関係数を示す

* $P < 0.01$ ** $P < 0.05$

2-3-2. 突き出し動作中の諸要因について

表 7 は突き出し動作における諸要因を示したものである。熟練者と未熟練者の間には、0.1%水準で水平力、平均パワー、5%水準で平均力、力積において有意な差がみられた。

表 8 は試技記録と突き出し動作における諸要因との相関関係を示したものである。熟練者では水平力、平均力、力積、平均パワーにおいて有意な正の相関 ($r=0.96 : P<0.01$, $r=0.91 : P<0.01$, $r=0.91 : P<0.01$, $r=0.99 : P<0.01$) がみられ、鉛直力、発揮された力の方向、動作時間において有意な負の相関 ($r=-0.82 : P<0.05$, $r=-0.95 : P<0.01$, $r=-0.99 : P<0.01$) がみられた。未熟練者では、鉛直力、平均力、平均パワーにおいて有意な正の相関 ($r=0.72 : P<0.01$, $r=0.87 : P<0.01$, $r=0.95 : P<0.01$) がみられた。

表7 突き出し動作における諸要因

	水平力(N)	鉛直力(N)	平均力(N)	力の方向(deg)	力の方向と投射角 の差(deg)	力積(Ns)	平均パワー(W)	動作時間(m/s)
熟練者	216.88*	249.25	334.09***	56.00	10.47	67.77***	2256.69*	0.34
	±13.45	±59.21	±252.51	±15.26	±15.17	±5.63	±252.51	±0.02
未熟練者	179.58	224.77	289.88	60.40	20.05	51.81	1614.44	0.30
	±17.31	±43.55	±29.04	±15.28	±5.96	±9.51	±242.01	±0.03
	*P<0.001	***P<0.05	平均±標準偏差					

表8 突き出し動作中の諸要因と試技記録との関係

	水平力	鉛直力	平均力	力の方向	力の方向と投 射角の差	力積	平均パワー	動作時間
熟練者の	0.96	-0.95	0.91	-0.99	-0.94	0.91	0.99	-0.82
記録	*	*	*	*	NS	*	*	**
未熟練者の	0.11	0.72	0.87	0.50	0.20	0.39	0.95	-0.11
記録	NS	*	*	NS	NS	NS	*	NS

注) 上段の数字は相関係数を示す *P<0.01 **P<0.05

2-3-3. 上肢各部の速度要因

表 9 は熟練者と未熟練者における上肢の速度の測定結果を示したものである。最大速度をみると 1%水準で右手首の水平速度, 0.1%水準で右肘の水平・鉛直速度, 右肩の鉛直速度において有意な差がみられた。また, リリース時には右肩の水平・鉛直速度において有意な差 ($P<0.001$) がみられた。

表9 身体各部位の速度要因

			最大速度 (m/sec)	リリース時 (m/sec)	最大速度出現時間 (sec)
右手首	HV	熟練者	7.20**	5.84	0.27
			±0.58	±0.93	±0.02
		未熟練者	6.17	3.76	0.24
	VV		±0.41	±1.13	±0.04
		熟練者	5.31	1.07	0.25
			±1.42	±0.91	±0.02
右肘	HV	未熟練者	4.34	0.85	0.21
			±0.71	±0.99	±0.03
	VV	熟練者	7.45*	4.91	0.27
			±0.37	±1.36	±0.02
		未熟練者	6.17	3.76	0.25
	VV		±0.41	±1.13	±0.05
右肩	HV	熟練者	6.33*	2.68	0.24
			±0.65	±2.62	±0.02
		未熟練者	5.41	1.08	0.22
	VV		±0.42	±0.54	±0.05
	HV	熟練者	3.08	2.28*	0.18
			±0.07	±0.43	±0.03
右腕	HV	未熟練者	2.81	1.19	0.20
			±1.00	±0.49	±0.05
	VV	熟練者	2.74*	1.96*	0.19
			±0.39	±0.73	±0.04
		未熟練者	2.02	0.55	0.20
	VV		±0.15	±0.07	±0.05

注) 下段は標準偏差を示す HV=水平速度 VV=鉛直速度 *P<0.001 **P<0.01
平均±標準偏差

2-4. 考察

2-4-1. リリース時の諸要因について

投擲記録に影響が大きい要因として、初速度、投射角、投射高があげられる。本研究の結果では、初速度においてのみ熟練者と未熟練者の間に有意な差がみられ、熟練者の方が未熟練者に比べ有意に大きかった。

投射角の測定結果をみると、熟練者と未熟練者の間には有意な差はみられなかったものの、未熟練者の投射角は熟練者に比べて小さく、標準偏差が大きかった。このことから、未熟練者では砲丸を投射する角度の個人差が大きいと考えられる。また、試技記録と投射角の間に有意な正の相関がみられたことから、未熟練者においては、投擲距離に対して投射角の与える影響が大きいと考えられる。本研究の結果は、橋本ら（1987, 1994）の報告に比べ熟練者、未熟練者いずれにおいても大きな値を示した。

投射高は、熟練者も未熟練者もほぼ同様な値を示した。また、熟練者においては、試技記録と有意な高い正の相関がみられた。このことは、熟練者では出来るだけ高い位置から砲丸を投射することの有効性を示していると考えられる。

2-4-2. 突き出し動作時の諸要因について

突き出し動作における各測定項目の結果をみると、水平力、平均力、力積、平均パワーにおいて熟練者の方が未熟練者よりも有意に大きな値を示した。動作時間をみると、熟練者と未熟練者の間には明確な差はみられなかったが、熟練者の方が動作時間が短い傾向がみられた。また、熟練者では、試技記録と動作時間の間には、高い負の相関がみられるこ

とから、大きな投射距離を得るためには、動作時間を短縮することが望ましいと考えられる。

水平力では熟練者の方が未熟練者よりも有意に大きいことから、熟練者では未熟練者に比べ、水平方向に大きな力を発揮していると考えられる。また、熟練者では試技記録と水平力に正の相関がみられたことから、記録に対して、水平力の与える影響が大きいと考えられる。

鉛直力は、熟練者では試技記録との間に有意な負の相関を示し、未熟練者では、正の相関を示すという全く反対の結果となった。このことは、熟練者では投擲距離に対して水平力の影響が大きいため、鉛直力は小さい方が投擲距離に対して良い影響を与えるのに対して、未熟練者では、水平力の影響が熟練者ほどではないため、鉛直力を大きくすることが投擲距離を大きくすることに対して効果的であることを示していると考えられる。

水平力と鉛直力の合力である平均力をみると、熟練者と未熟練者では熟練者の方が有意に大きな値を示した。記録との関係は、熟練者、未熟練者とも有意な正の相関を示した。このことは、両群とも突き出し動作中に大きな力を発揮する方が投擲距離に対して良い影響を与えることを示していると考えられる。

力積をみると、熟練者の方が未熟練者に比べて有意に大きかった。記録との関係をみると、熟練者では有意な正の相関を示すものの、未熟練者では顕著な関係はみられなかった。先に述べたように、熟練者では試技記録と動作時間の間に負の相関があり、平均力との間に正の相関があることから、熟練者は大きな平均力を得ることによって力積を大きくしていると考えられる。つまり、試技記録と力積の関係は、平均力によるところが大きいと考

えられる。

平均パワーをみると、熟練者の方が未熟練者に比べて有意に大きかった。試技記録との関係は、熟練者、未熟練者とも有意な正の相関を示した。このことは、熟練者においては、動作時間を早くするか仕事量を大きくすることのいずれかが大きな投擲距離を得るために必要であることを示している。力の発揮される方向に関しては、両群ともほぼ同様であった。また、力の発揮される方向と投射角との差にも明確な差はみられなかった。しかし、熟練者においては、角度差が小さい傾向がみられたことから、力の発揮される方向と投射角の差を小さくすることの有効性を示唆しているものと考えられる。また、試技記録と力の発揮される方向の関係をみると、有意な高い負の相関がみられた。このことは、大きな投擲距離を得るためには、力の発揮する方向を出来るだけ低くすることが望ましいことを示していると考えられる。

2-4-3. 上肢各部の速度要図について

表 9 は、熟練者と未熟練者の上肢各部位の速度の測定結果を示したものである。

(1) 水平速度について

熟練者と未熟練者の上肢各部位の最大速度を比較すると、右手首、右肘において、熟練者の方が有意に大きかった。特に、熟練者において、右手首、右肘の最大速度が大きかったことは、熟練者が未熟練者に比べて大きな初速度を生み出している原因だと考えられる。また、図 3 は熟練者の上肢における最大速度伝達を示したものである。熟練者では最大速度が、右肩－右肘－右手首という順番で出現していた。それに対して図 4 は、未熟練者の上

肢における最大速度伝達を示したものである。未熟練者では、右肩－右手首－右肘という順番で出現していた。このことから、熟練者では、身体の下部から上部へと速度が伝達されているのに対して、未熟練者では、このような伝達がなされていないと考えられる。また、熟練者と未熟練者の最大速度とリリース時の速度の差をみると、熟練者の方が速度差が小さい傾向がみられた。このことから、熟練者ではリリース時まで砲丸に対して速度を効率よく伝達していると考えられる。

(2) 鉛直速度について

熟練者と未熟練者の最大速度を比較すると、右肘、右肩において熟練者の方が有意に大きな速度を示した。また、リリース時をみると右肩において熟練者の方が有意に大きかった。また図 3 および図 4 より、熟練者では水平速度と同様、右肩－右肘－右手首といったように下部から上部へと順次、最大速度が出現しているのに対して、未熟練者では右肩－右手首－右肘という順で出現していた。このような結果から、熟練者では右肘、右肩で得た大きな鉛直速度を右手首を介して効率的に砲丸に加えているのに対して、未熟練者ではこのような速度伝達がなされていないと考えられる。

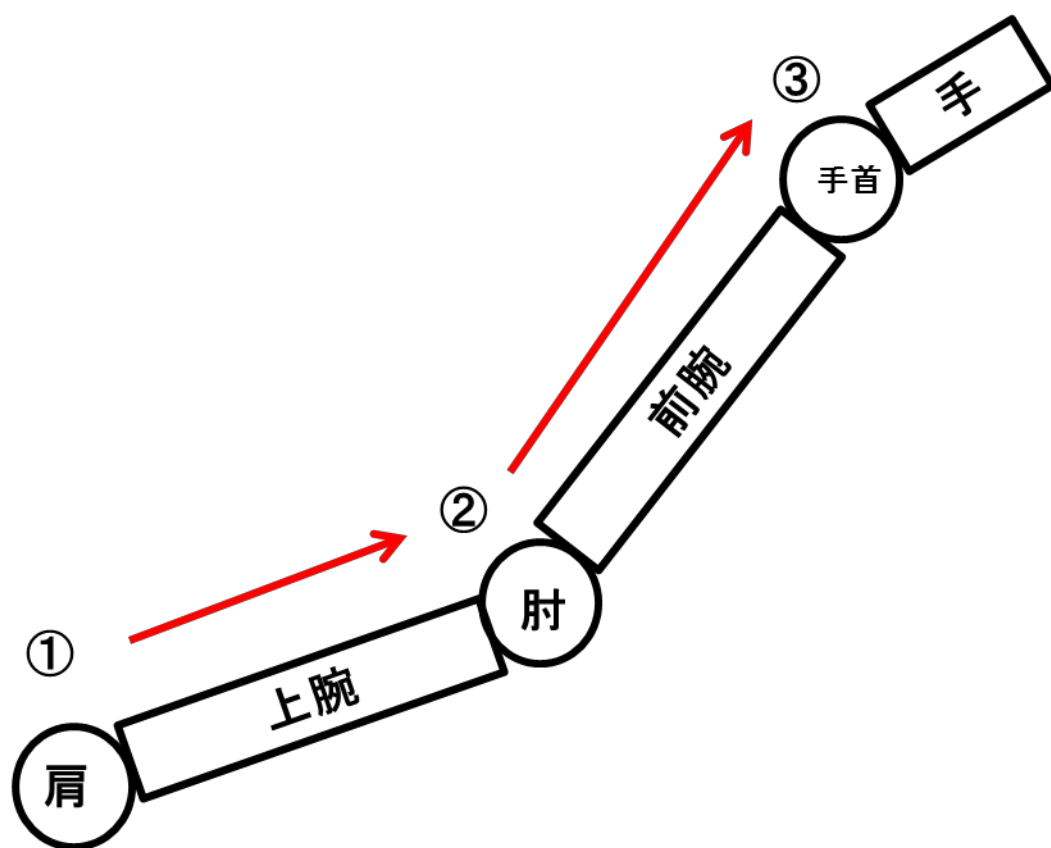


図3 熟練者の上肢における最大速度伝達

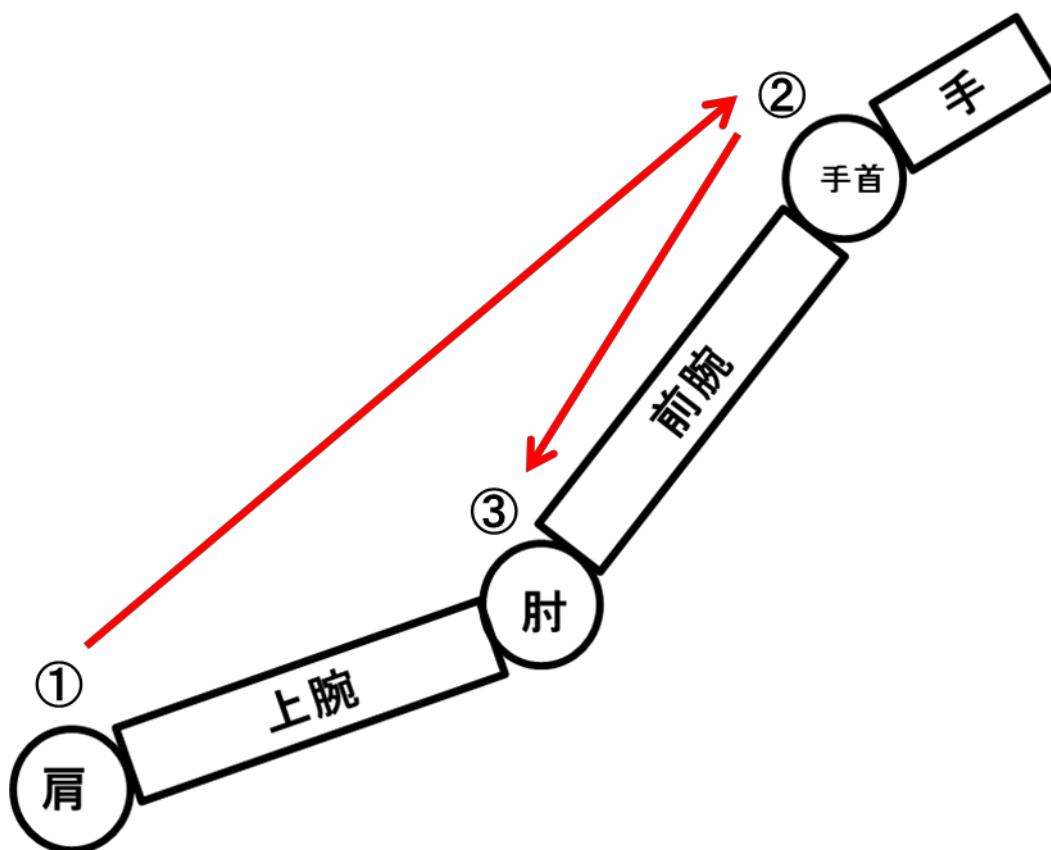


図4 未熟練者の上肢における最大速度伝達

2-5. 結論

本研究では、砲丸投げの突き出し動作に着目し、熟練者と未熟練者を比較した。その結果、以下のような知見を得ることが出来た。

- 1) 熟練者では、初速度、水平力、平均力、力積、平均パワーにおいて未熟練者よりも大きな値を示す。
- 2) 試技記録との関係をみると、熟練者では、水平力、平均力、力積、平均パワーにおいて有意な正の相関がみられ、動作時間、鉛直力、発揮された力の方向において有意な負の相関がみられる。また、未熟練者では、鉛直力、平均力、平均パワーにおいて有意な正の相関がみられる。
- 3) 突き出し動作中の上肢の速度をみると、熟練者では右肩－右肘－右手首と下部から上部へと順に最大速度が出現していたのに対して、未熟練者ではそのような速度出現がみられない。

第 3 章

研究Ⅱ 日本トップレベル選手の特徴からみた砲丸投の運動課題に関する研究

3-1. 研究目的

研究Ⅰにおいて、運動経験の差から砲丸投における力学的観点からの運動課題を明らかにした。研究Ⅰを踏まえ、研究Ⅱでは、日本トップレベルの砲丸投選手の動作特徴を力学的観点から明らかにすることを目的とした。そして、その特徴から世界レベルの選手との比較および記録を向上させる要因を検討することとした。

3-2. 方法

3-2-1. 被験者

被験者は、N 選手（記録と順位）と比較対照のために日本歴代 6 位（17.41 m）の記録を持つ S 選手の 2 名とした。

3-2-2. 実験的試技

1998 年 5 月 28 日、山梨県甲府市の小瀬陸上競技場において試合状況を設定した実験的投擲を行わせた。なお、参考までに 14 ポンドの砲丸での回転式試技も行わせた。

3-2-3. ビデオによる 3 次元撮影

これらの投擲を投動作の側方と正面から 2 台のビデオカメラによる撮影を行った。投動

作の撮影は2 台のビデオカメラを投擲方向に対して右側方及び前方から光軸が 90° になるように設置し、シャッタースピード 1/1000 秒、毎秒 60 コマで撮影した。同期信号発生器を用いて 2 台のカメラの同期化を行い、動作範囲内の 13 ヶ所のキャリブレーションポールの撮影からビデオ・テープ解析の長さの校正を行った。3 次元座標の回定座標系は、X 軸の正は投擲方向に対して右方向、Y 軸の正は投擲方向、Z 軸の正は鉛直方向とし右手系とした。

3-2-4. 動作解析方法及び解析試技

2 台のカメラから得られたビデオ画像を電機計測販売社製の Frame-DIAS を用いて、身体各部の 23 点、砲丸の中心点、キャリブレーションポールの較正点の 2 次元座標をデジタルで読み取り、DLT 法を用いて 3 次元座標の算出を行った。得られた 3 次元座標をもとに、キネティクス的およびキネマティクス的な力学量の算出を行った。なお、分析に用いた投擲は N 選手:17.55m, S 選手:16.40m の試技であった。

3-3. 結果

3-3-1. N 選手の記録の変遷

図 5 は大学時代の N 選手における各学年の最高記録(平均値 \pm 標準偏差)はそれぞれ、16.23m (15.63m \pm 0.42), 17.84m(17.03m \pm 0.53), 17.90m(17.23m \pm 0.51), 18.53m (17.62m \pm 0.59)であった。特に 1 年次から 2 年次の伸びは最大で 1.61m、平均でも 1.40m と大きかった。逆に 2 年次から 3 年次にかけては最高記録でわずかに 6cm、平均値で 20cm と小

さかった.

大学 1 年からのシーズンごとの回帰方程式はそれぞれ,

$$Y=0.004 t +15.263 \quad (1 \text{ 年次})$$

$$Y=0.0054 t +16.477 \quad (2 \text{ 年次})$$

$$Y=0.0004t +17.247 \quad (3 \text{ 年次})$$

$$Y=-0.002t + 17.814 \quad (4 \text{ 年次})$$

と算出された. t はその年度の 4 月 1 日をゼロとして, 各試合までの実質の日数として算出された. 1 年次から 3 年次まではシーズンの経過に伴って記録の伸びを示しているが, 4 年次に関しては春先の 4 月, 5 月の記録を最大にシーズン後半に向かって記録は低下傾向を示している.

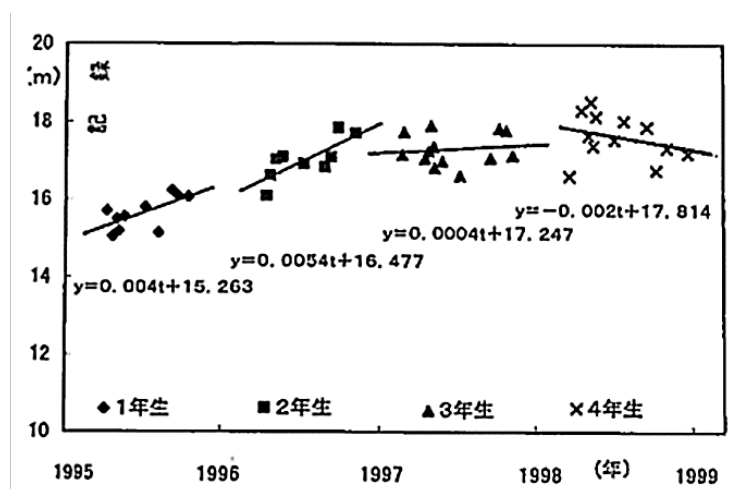


図5 大学4年間の各学年ごとの記録の変遷とその回帰方程式

3-3-2. 形態・体力・基礎運動能力及び筋力

1) 形態

表 10 は N 選手の形態測定の結果を S 選手と比較対照して示したものである。

S 選手は身長 1.83m, 体重 110 kg であるのに対して, N 選手は身長 1.80m, 体重 106kg であった。身長および体重は S 選手に幾分劣っているが, 身体各部位の局径囲では両者ほとんど同じようであった。

2) 基礎運動能力

参考として, N 選手の基礎的な運動能力についても示す。N 選手の 50m ダッシュ 6.1 秒, 立ち五段跳び 16.00m であった。

3) 最大筋力およびその変遷

基礎体力としての各種筋力測定の結果は 1 年次 から 4 年次にかけて, ベンチプレス: 150 kg 重, 170 kg 重, 195 kg 重, 190kg 重, フルスクワット: 165 kg 重, 180 kg 重, 220 kg 重, 240 kg 重, ハイスクリーン: 140 kg 重, 155 kg 重, 155 kg 重, 4 年次(未測定)と学年の進みとともに増大傾向を示している。

表10 N選手, S選手の形態測定の結果

subj		身長	体重	頭囲	頭囲	胸囲	腹囲	腎囲	上腕囲	(max)	前腕囲	手首	大腿囲	下腿囲	足首
N	右	180.0	106.0	57.0	43.0	115.0	94.0	114.0	37.5	41.0	32.2	18.5	72.5	44.0	26.0
	左								37.5	40.5	32.0	17.8	71.0	43.5	25.5
S	右	183.0	110.0	57.5	40.0	117.0	97.0	111.0	36.5	40.8	32.5	18.2	71.0	45.5	25.8
	左								36.0	40.0	31.5	18.0	70.5	45.0	25.8

3-3-3. 投擲動作の特性

1) 連続動作フォーム

図 6 実験的試技における N 選手の 17.55m の側方からの投擲動作フォームを示したものである。それぞれの局面は(1)動作開始, (2)振り上げ足最高時, (3) 最大沈み込み時, (4)右足離足, (5)右足着地, (6)左足着地, (7)～(9)突き出し, (10)リリース, (11)～(12)リバース局面である。

2) スティックピクチャー

図 7 は N 選手, S 選手の側方及び前方からの動作フォームのスティックピクチャーが 1/30 秒間隔で表示されたものである。

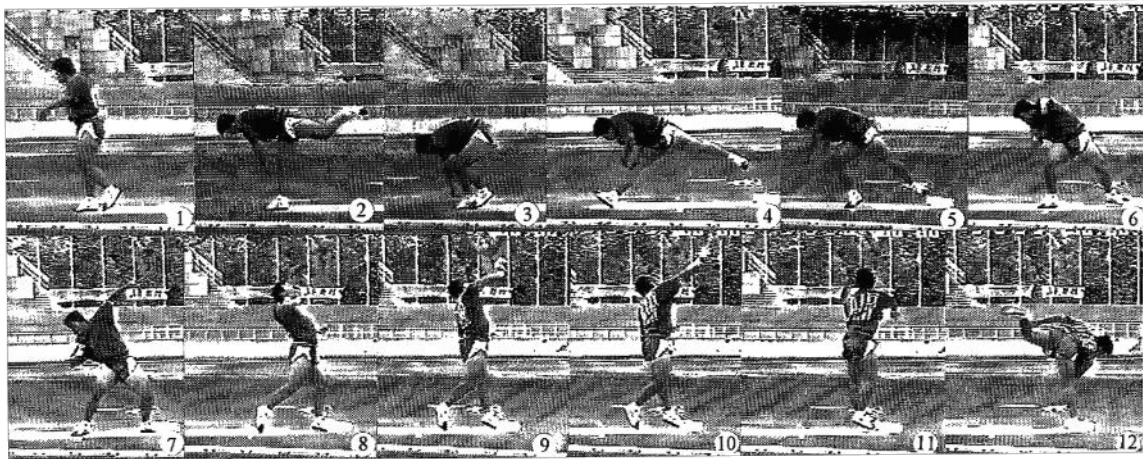


図6 N選手の本研究における試技での連続フォーム
(17.55mの側方)

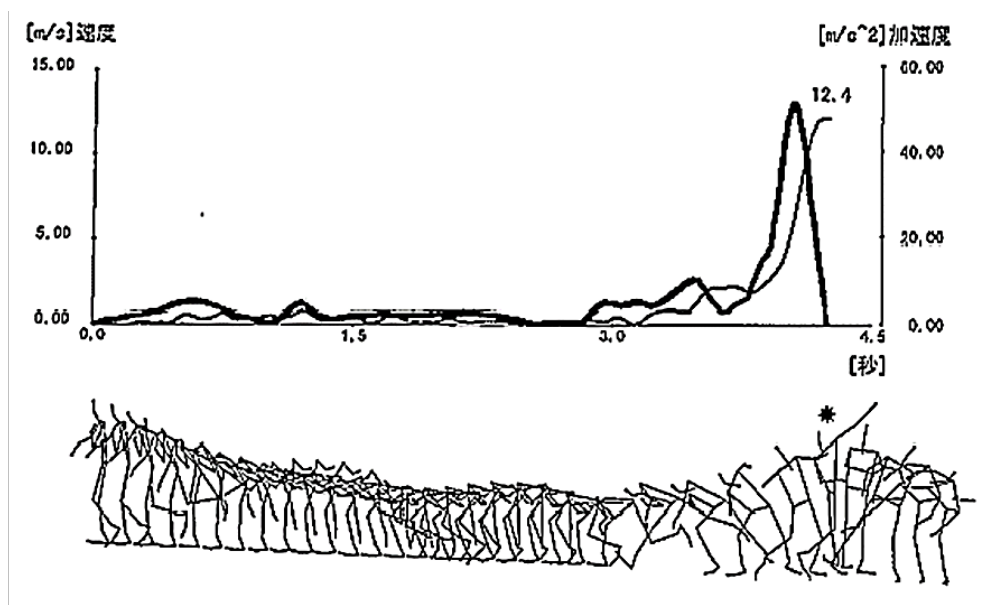


図8 17.55mの投擲の時間経過に伴う砲丸の2次元的速度及び砲丸への加速度(*印はリリースポイントを示し、スティックピクチャーは時間的な曲線に対応させてある)

3) N 選手における動作時間経過に伴う砲丸への速度および加速度

図 8 は 17.55m の投擲における砲丸への速度，加速度の発揮状態の水平・鉛直方向の 2 次元的合成値を動作経緯に対応させて示した．動作開始からリリースまでの全時間は 4.24 秒で，そのうち予備動作からグライド開始までが 3.17 秒と長く，グライド開始からリリースまでは 1.07 秒，そのうち突き出し局面の時間は 0.62 秒であった．砲丸の速度は実質的にはグライド開始から始まり，パワーポジションで中休み状態があり，その後突き出しで一気に速度アップされて最終的に 12.45m/s でリリースされている．砲丸に速度を与えるべき加速状態は実質的には動作開始 3.61 秒から始まり，グライド局面で， 10.58m/s^2 と加速された後，右足着地後に一度落ち込みが見られた後，大きく加速され，左肩の回し込みと右腰の投擲方向への回転が行われる時に 50.84 m/s^2 と最大の加速度になり，その後は直線的に低下しながらリリースポイントでゼロになる．

4) N 選手における各種力学量

17.55m の投擲の各種力学量は投擲初速度 12.45m/s, 投擲角度 37.2 度, 投擲高 1.96m で，グライドの長さ 1.00m, パワーポジションでの両脚のスタンスは 0.73m , 予備動作での最大沈み込み時の砲丸のサークルからの高さは 57.5cm, 更なる身体重心の上昇では 71.2cm と 13.7cm 上昇させてグライドに入っている．実質的な突き出しは水平方向に 1.28m, 垂直方向に 0.97m, 合成距離として 1.61m であった．S 選手ではそれぞれ 1.26m, 1.06m, 1.65m であったことからその違いが確認できる．

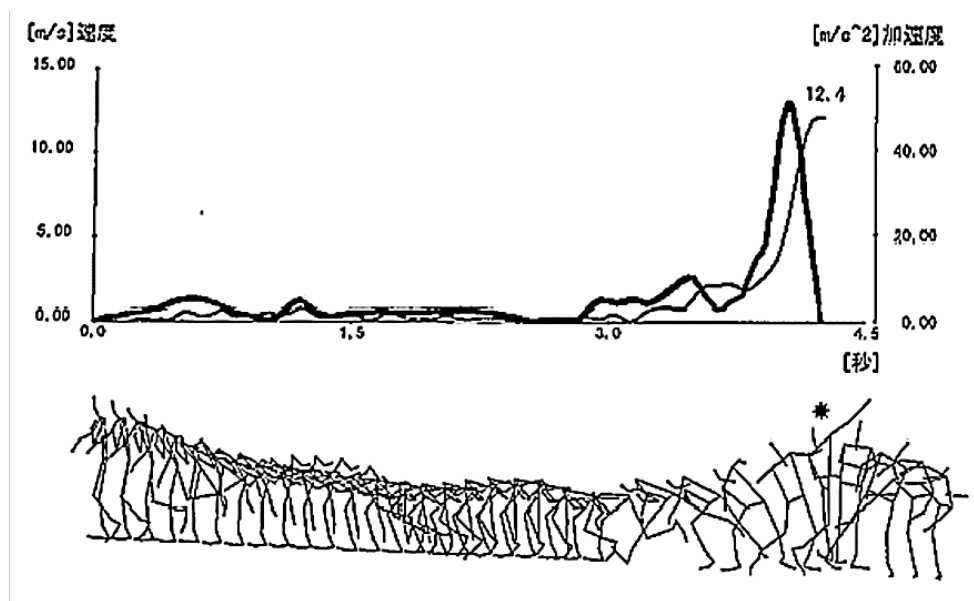


図8 17.55mの投擲の時間経過に伴う砲丸の2次元的速度及び砲丸への加速度(*印はリリースポイントを示し、スティックピクチャーは時間的な曲線に対応させてある)

3-4. 論議

1) N 選手における体格および筋力と基礎運動能力

植屋ら（1992, 1994）は砲丸投の記録向上に 1) 選手の体型・体格, 2) 砲丸の飛行に関する力学, 3) 投擲動作のバイオメカニクスの重要性を指摘している。体型・体格に関していえば, N 選手は本研究における測定時点で, 身長 1.80m, 体重 106kg で, 日本歴代第 6 位の S 選手より小さいと考えることができるであろう。しかし, 1998 年のシーズンに従来の日本記録を大きく上回る 18.53m の記録している。このことから, 彼の投擲は 2) 力学特性, 3) 動作のバイオメカニクスに秀でたものがあったからであると考えられるであろう。

N 選手は, 50m ダッシュ 6.1 秒, 立ち 5 段跳び 16.00m, ハイクリーン 155kg, ベンチプレス 190kg, フルスクワット 240kg 等の数値は, 彼の砲丸投選手としてのスピード, パワー, バランス能力が高水準であると考えられる。

2) 投擲動作にみる特徴

図 6 には被験者の投擲動作フォームの 1) 連続動作と図 7 には本研究に関する実験的試技としての 2) スティックピクチャーを示した。N 選手と S 選手の差異について視覚レベルで比較することで, N 選手にみられるいくつかの特長について指摘することが出来る。図 9 から図 13 に示すが, 1) 予備動作の沈み込み後半での身体重心の再上昇, 2) グライド全般の身体重心の低さ, 3) 突き出し主要局面での右腰の送り出し, 4) ジャンピングショット, 5) リバースでのシーソー運動等が確認できるであろう。これらの特徴は, 本研究で比較対

照として示された S 選手の投擲動作と比較して、予備動作により沈み込んだ身体全体を垂直方向に再度 13.7cm 程上昇させて、グライドに入っている。これはこの局面で、膝にゆとりを持たせてグライドに入り、グライドの速度を増加させる意味と、脚の伸展力をパワーポジション以降の突き出し局面で利用するという意図での動作と考えられる。また、N 選手のグライドの入りのスピードは 1.94m/s であり、S 選手の 1.82m/s より大きい。

但し、グライド直後の速度や加速度曲線の落ち込みはバイオメカニクスの観点から見れば明らかなマイナス要因として指摘される。また、砲丸への加速度の最大値 50.82 m/s^2 は砲丸への力の発揮として算出すると、49.85kg で、1991 年世界陸上競技選手権東京大会で優勝したスイスのギュンター選手の 21.67m の 55.76kg の投擲に比べて砲丸への出力の絶対的な低さが指摘される（植屋ら，1992；植屋・中村，1994）。

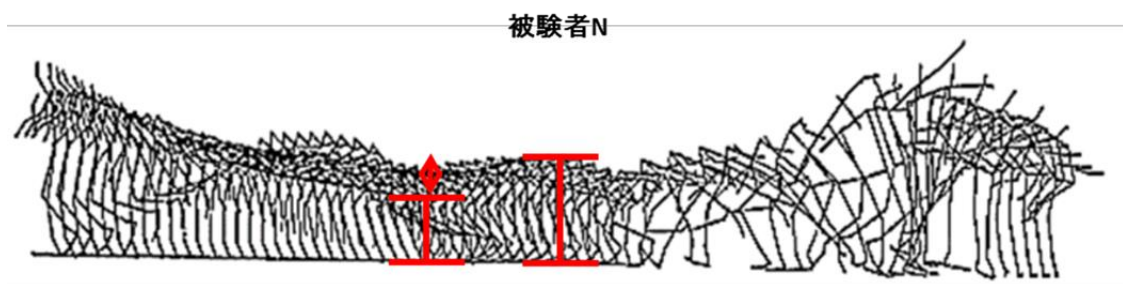


図9 予備動作の沈み込み後半での身体重心の再上昇

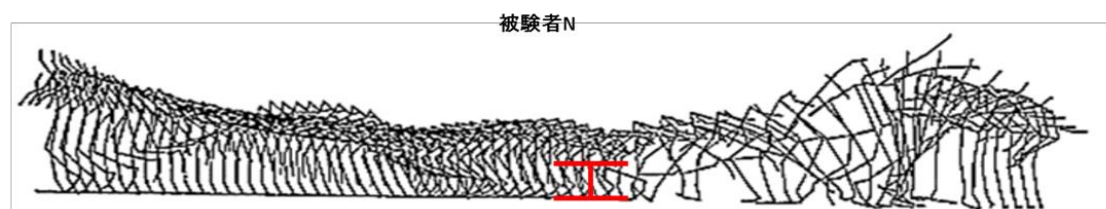


図10 グライド全般の身体重心の低さ

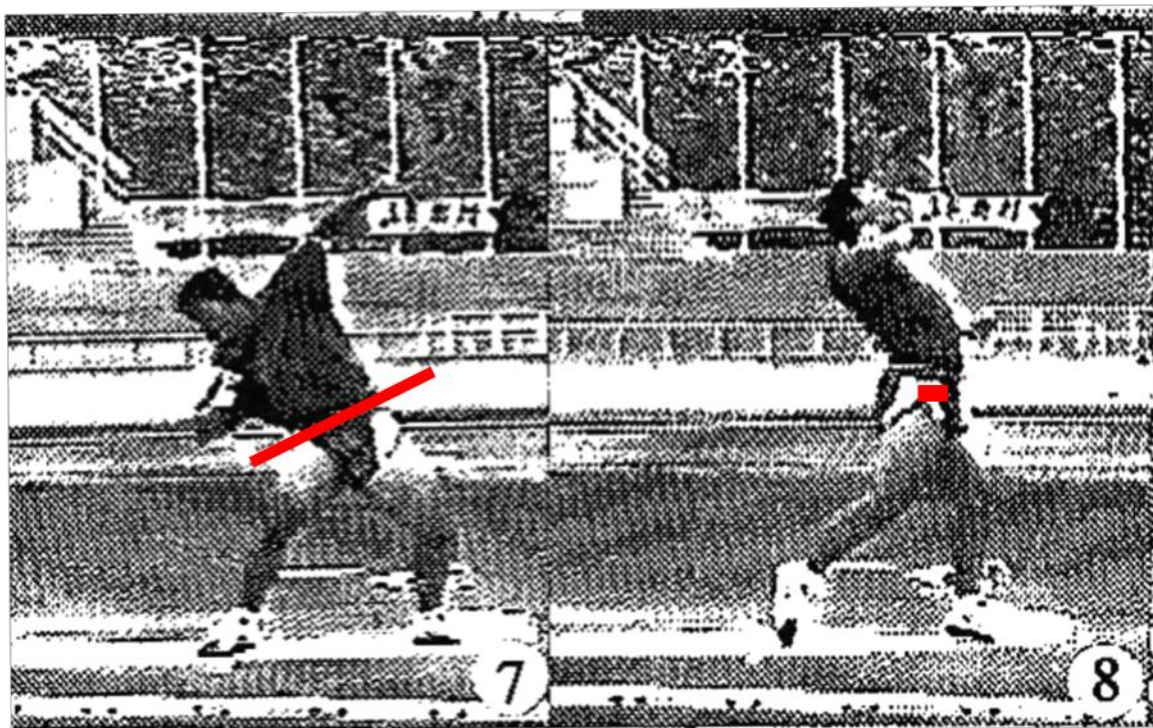
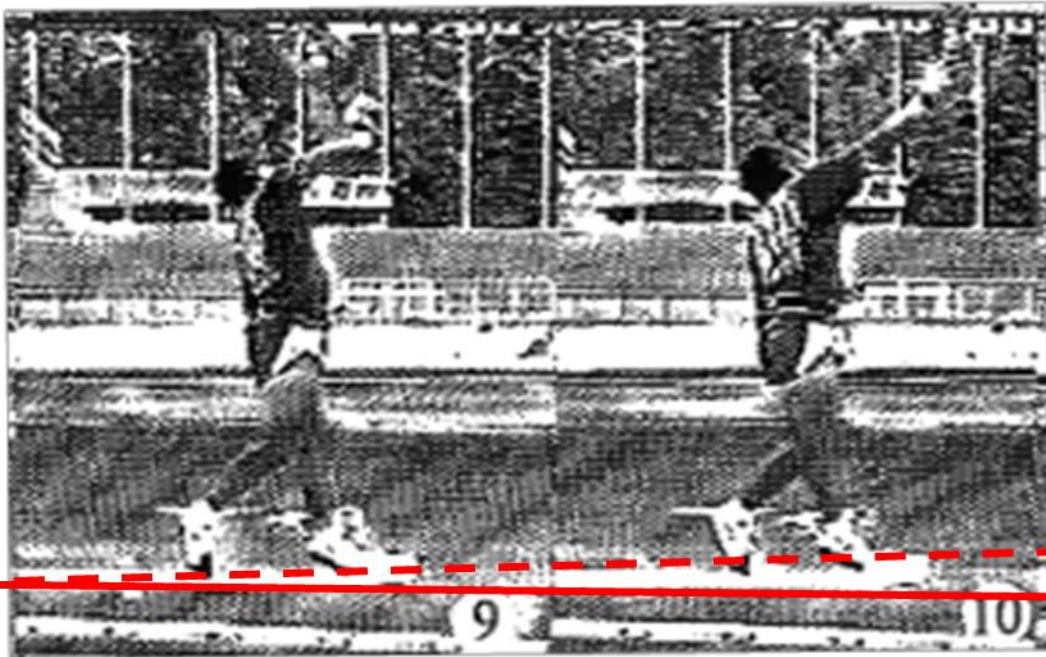
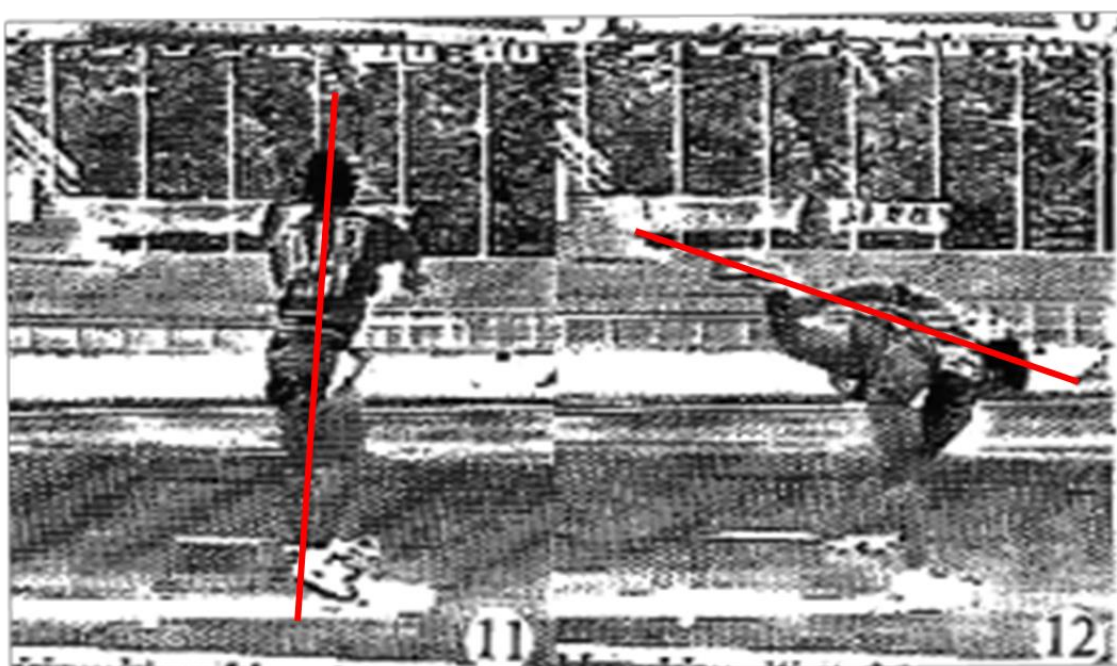


図11 突き出し主要局面での右腰の送り出し



実線：地面
点線：足底位置

図12 ジャンピングショット



実線：頭部から左脚を結んだ線分

図13 リバースでのシーソー運動

3-4-1. 19m 台への可能性

1) 5 年間の記録の変遷から

N 選手の高校 3 年次から大学 4 年次までのシーズン最高記録の変遷 (15.87m, 16.23m, 17.84m, 17.90m, 18.53m) から, 将来的な記録に関する回帰方程式を算出すると,

$$Y=0.699 t+15.876$$

(相関係数 $r = 0.960$, $p < 0.001$, 但し Y: 記録, t: 高校 1 年次を 0 とする) が得られた

(図 14).

高校 3 年次から大学 4 年次にかけては 1 年間あたり, 平均的には 0.699m ずつの記録の伸びがあり, 伸び率に変化が見られなければ 1999 年のシーズン ($t = 6$) では 19.37m, 2 年後 ($t = 7$) には 20.07m の記録が算出される.

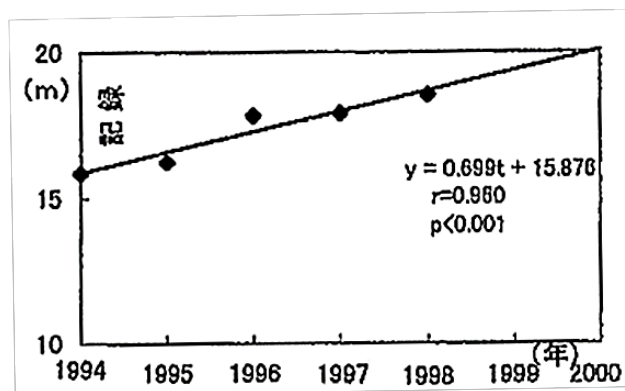


図14 高校3年次から大学4年次までのシーズン最高記録からの年次に関する回帰方程式

しかし、これらの記録はあくまでも過去 5 年間の伸びからの算出で、現実的にはこれまでの 5 年間のような記録の伸びは困難である可能性もあるであろう。例えば、4 年次のシーズンの記録の回帰方程式 ($Y = -0.002t + 17.814$) で言えば、時間経過に伴って記録は低下傾向を示している。しかし、かつてアメリカのフュアバッハ選手やウッズ選手らは大学 4 年次に 19.81m, 18.95m であった記録を卒業後年々更新し、2 年後には 21.52m, 20.75m を記録し、ウッズ選手はその 6 年後の 31 歳で 22.01m の世界記録を樹立している（植屋, 1975）。このことから、N 選手にフュアバッハ選手やウッズ選手のような地道な筋力や体力および技能の向上があれば、19m 台、そして 20m 台への夢は決して不可能なことではないと考えられる。

2) 投擲動作フォームの改善

今後の記録更新を考慮したときの動作フォームの改善点として指摘されることはグライドの距離が 1.00m と長く、砲丸を加速すべき突き出し局面が小さいことがあげられる。更にはグライド後の右足着地と左足着地との時間期間が 0.67 秒あり、パワーポジションでの左肩の開き、それに伴って右腰の回転が投擲方向に進んでおり、上体の捻りが最大限に突き出し局面で用いられていないこと等が指摘される。この捻り動作が最大限利用されれば現在の上半身と下半身の捻りが最大限に利用され、スピードのある突き出しが可能になり、リリース時点の初速度の獲得、より高い突き離しも可能となり、記録更新への動作に結びつくと思われる。

3) 回転式への移行

本研究に関する実験的な試技で、N 選手に 14 ポンドでの回転式投法を行わせた。その結果、最高記録 19.48m を記録した。彼の現在のグライドスローにおいて突き出し局面での右腰の使い方は基本的には回転式投法にほぼ準じていること（図 6 の 8, 図 7 の前方からの腰の捻りや上体の起こし等参照）、14 ポンドでの実際の記録、世界の潮流、そして彼の形態的な実態（世界トップレベルの競技者に比較して小さい）、更には体力、運動能力でのバランスの良さ等の総合的観点から、19m 台を目指すうえでは回転式投法への移行は肯定的に考えられるべきであろう。第 3 回世界陸上競技東京大会で 19.92m の記録で 7 位入賞を果たしたスウェーデンのラルソン選手は身長 1.80m、体重 90kg と N 選手より一回りも小さい選手である（植屋ら, 1992 ; 植屋・中村, 1994）。このことから N 選手に回転式投法で、19m 台の記録を望むことも可能であろう。

4) 基礎体力の強化

現在、N 選手は、ベンチプレス 190kg、フルスクワット 240kg、ハイクリーン 155kg、立ち 5 段跳び 16.00m と基礎体力、基礎運動能力に秀でていると思われる。前述の世界のギンター選手などは身長 2.00m、体重 128kg であり、ベンチプレスは 220kg、フルスクワットは 280kg、ハイクリーンは 200kg、立幅跳は 3.58m、走高跳は 2.02m であり、N 選手の記録向上には、尚一層の基礎体力や基礎運動能力、筋力の強化が望まれる（植屋ら, 1992 ; 植屋・中村, 1994）。

3-5. まとめ

N 選手の記録の変遷、形態、基礎体力・基礎運動能力、筋力および実験的な投擲試技のビデオ解析等から彼の砲丸投の競技力向上に関する特性について、以下のような観点からまとめることができるであろう。

- 1) 体格的には必ずしも恵まれてはいないが基礎体力・運動能力及び各種筋力の伸びのもとに現在記録を更新し続けている。
- 2) 本研究での投擲は 17.55m と彼の 1998 年の最高記録 18.53m よりおよそ 1m 低い記録の投擲であったが、動作特性としては低い位置からのグライド、左肩のリードによる腰の回転を用いた全身的にバランスのとれた投擲動作として遂行されていた。
- 3) グライドの距離(1.00m)、右足着地と左足着地の時間差(0.06 秒)、パワーポジションでの左肩の開きの早さ、突き出し距離の小ささ等が改善点として指摘できる。
- 4) あくまでも統計的な観測値ではあるが、これまでの記録の変遷から推測すると 19m 台の記録は 1999 年のシーズン中には可能であり、2 年後には 20m 台の記録も投げるこ
とができる予測がたてられる。
- 5) 体格、体力・運動能力及び投擲動作の総合的な観点から、現在のグライド投法から回転式投法へと移行することで記録のより一層の向上も期待できる。
- 6) 世界水準の記録を投げるためには、現在の基礎体力や基礎運動能力、筋力、筋パワー等の更なる向上が望まれる。

第4章

研究Ⅲ 砲丸投の運動課題に対する運動学的視点からの研究

4-1. 研究目的

研究Ⅰおよび研究Ⅱの結果から、力学的観点からの運動課題の検討が行えた。それらの結果を踏まえたうえで、砲丸投の運動課題について質的観点からの検討を行う。

まず、質的観点からの運動課題を検討するうえで、マイネル（1990）が述べているように、運動学習あるいはトレーニングにおいては、運動経過自体に大きな意義がおかれ、運動経過そのものが運動習得の努力目標となっていることから、運動経過を分析してとらえることが必要になる。

この運動経過の分析は、科学的分析や実際の観察を通じて客観化することができる。その主たる方法は、バイオメカニクスを中心とした運動経過の量的特性をとらえる量的分析と質的特性をとらえる質的分析に分けて考えることができる（グロッサー・ノイマイヤー，1995）。しかし、マイネル（1990）が述べているように、実際のトレーニングにとっては運動系における質に決定的な意義がおかれる。なぜならば、競技者のもっている筋力、スピード、持久力というのは、それらが同時に質的に高い価値をもつ出来映えのなかに活かされてこそ、はじめて完全にその効力が発揮されるからである。

このようなことから、運動経過の分析においては、これまで行われてきた多くの研究のように、外側から量的に運動を記述することとともに、運動経過を質的な観点から分析することが必要となる。マイネルはこのような観点から運動経過の分析を試みてはいるが、

そこではあくまで運動を外から観察可能なものという視点に基づいている。

そこで、研究Ⅲにおいては、国内における競技力の高い砲丸投競技者について、質的な運動経過の分析を行い、競技力の高い砲丸投競技者の運動投企の内容を明らかにし、運動者の「内側」からとらえた砲丸投の運動構造を明らかにすることを目的とした。

4-2. マイネルの局面構造

本研究の主題を明確にするために、ここではマイネル（1990）の運動構造論について示す。

マイネルは、運動構造の内容について局面構造と運動リズムがあることを示している。なかでも、局面構造は可視的な運動経過を「明らかに区別できる一定の諸局面に分節化」するものであると述べている。この局面構造は、「主要局面をもっともよく準備するのに用いられる」準備局面、「運動課題を実際に直接に解決していく」主要局面、「力動的な運動の頂点から平衡状態へと移行していく」終末局面の3分節から構成される。

このようにマイネルが示す局面構造では、運動を「外側から見た」場合の可視的な運動経過を把握することが主題となる。したがって、このマイネルの局面構造が必ずしも実際の指導において有用であるとは限らない。なぜならば、我々は実際に運動する際には、運動を外側から客観的に観察した結果の説明ではなく、運動実行主体の「運動的意味」が必要となるからである。

4-3. ティドウの運動構造分析

いずれのスポーツ種目においても、指導したり学習したりする際には、どのような運動を実行するかという目標像に関心が向けられることになる。つまり、実際の現場においては、指導の方向性を示すための目標運動、技術上の理想モデルを組み立てることが重要となる。技術上の理想モデルを得るためには、まず前述したマイネルの古典的な 3 局面への分節化からはじめ、機能の分析を通じてさらに細かく分けられ精密化されていくことになる。

Tidow (1991) は、このような考え方に基づいて目標となる運動経過を「現象として特徴づける」上で「基本的に不可欠な」局面や運動の区切りを明らかにする「運動構造分析」を提示している。砲丸投を対象とした運動構造分析では、図 6 に示すように、運動局面は 7 つに分けられ検討されている。ここでは外的な局面区分が示され、さらにそれぞれの局面における動きの機能とその判断基準が示されている。

しかし、このような精密化された局面化は指導場面でその有効性が認められたとしても、あくまでも運動を「外側から見た」場合の運動の「仕方」にあてると考えられる。したがって「運動者自身の運動の仕方」が把握されなければ、実践に役立つ運動構造の理解は得られないであろう。そこで、以下では運動者の運動投企の内容に着目した構造分析を試みることとする。

オブライエン投法	局面	関連部位	判断基準
 A B C	伸び上がり 予備動作	A 1 両足／両踵 AO 2 スイングアーム A 3 体重	サークルの端に両足を閉じて立つ／ 踵は突き出しの方向に向ける。 突き出しとは反対方向に「閉じる」。 片めはグライド脚の上に／振出脚には 「体重をかけない」。
	開始のための かかえ込み局面	BO 4 腰／膝 C 5 背中 O 6 振出脚の踵	血ける／振出脚の足を浮かす。 水平にする。 グライド脚のふくらはぎに近づける。
 D E	沈み込んだまま振出脚 を振り出す	DE 7 振出脚	積極的に「突き出すように」伸ばす／ 下に向かって。
	最初の局面 脚の振り動作	DE 8 身体 DE 9 スイングアーム DE 10 グライド脚の踵 DE 11 上体	「たたみ」ながら足関節の方向へ。 上体を揺るがないように閉じている。 積極的に伸ばす。 開かない／閉じたまま。
 F G	グライド局面	F 12 身体 F 13 回転中心 FG 14 グライド脚の下腿 FG 15 グライド脚の足 FG 16 骨盤の軸 Q 17 振出脚の足	上体を倒したTの字姿勢。 グライド足の踵。 積極的に振り込む。 内側にねじる。 突き出しの方向に回転する。 外側にねじる／足関節の方に向ける。
	突き出し準備の局面 投げの構え (パワーポジション)	H 18 視線 H 19 スイングアーム H 20 肩の軸 H 21 骨盤の軸 H 22 グライド脚の膝 H 23 両足 H 24 グライド足	突き出しの方向と反対に向ける。 「閉じている」。 突き出しの方向に対して斜めに／ グライド足の使用に。 突き出しの方向に。 曲げる／足先の上に体重を乗せる。 片方の足を置き換えてV字姿勢。 踵には体重をかけない。
 I J	プリングポジション 身体の起こし (起こし動作)	IJ 25 視線 IJ 26 スイングアーム IJ 27 グライド脚 IJ 28 振出脚の足 J 29 振出脚の下腿 J 30 グライド脚の下腿 J 31 胴体 J 32 スイングアーム	突き出しの方向と反対に向ける。 積極的に斜め上へと「振り出す」。 押し出しながら回して伸ばす。 足裏全体を地面につけている。 至速。 斜めに倒した姿勢。 腰が先行する／胴体の予備緊張。 「上」に引き上げる／突出前と肩を 捻んだ後上に。
	振向き体勢の局面		
 K	正面体勢の局面 (逆Oライン)	K 33 肩の軸 K 34 突出脚 K 35 突出脚の手 K 36 脚 K 37 スイングアーム K 38 骨盤／腰 K 39 グライド足の踵 K 40 両脚	突き出し方向に対して斜め。 曲げたまま／肩の高さに持ち上げる。 回転する／指先は内側に向ける。 予備緊張させる。 曲げる／胴体の横にブロックする。 突き出しの方向に対して斜め「前」。 外側に回す。 伸ばす。
 L M	L: 突き出し局面	L 41 突出脚 L 42 身体 L 43 突出脚の側の体幹 L 44 両足 LM 45 両脚 M 46 グライド脚と足 M 47 振出脚	肘を高く上げる／「回内させる」。 完全に伸ばす／「硬直させる」。 固定する。
	M: リバース (脚の踏み替え)		足首を伸ばす／地面から離れる (あるいはつま先立ちとなる)。 「頭入れ替え」(空中で)。 足関節のところでブレーキをかけて受け 止める。 長くバンスをとる。

図15 眼によって同時に確認できるようにした砲丸投の技術上の理想像(Tidow, 1991を小山一部改変)

4-4. 運動者からみた砲丸投の構造分析

4-4-1. 被験者

被験者として、元日本記録保持者の O 選手と H 選手を用いた。両被験者のプロフィールは表 11 の通りである。

朝岡（1997）は、運動者からみた運動の内的分析のためには、遂行者による内観報告と外的運動像の 2 つを手がかりにする以外には方法がないので、研究対象の選定の際には、対象者の言語発表能力をある程度問題にせざるを得ないとしている。また、マイネルは経験豊かな、訓練を積んだ多くの選手は自分たちが運動した後に、「きわめて正確な運動経過の『体験残像』をもち、自分の行ったほんの小さなことに至るまで、ほぼ完全な正確さをもって報告できる」（マイネル、1981）と述べている。したがって、運動者からみた運動の構造分析のためには、高い言語発表能力を有する選手を用いて検討する必要がある。本研究における被験者である O 選手と H 選手は、両者共に高い運動内観能力と言語発表能力が確認できたので、競技力とあわせて本研究の目的を達成するために最適な被験者であると判断した。なお、各被験者には研究の目的を十分に説明し、書面により研究参加の同意を得た。

表11 被験者の特性

被験者	身長(cm)	体重(kg)	最高記録	主な競技歴
O選手	181	108	17.65m	平成元年～8年 日本選手権 8連覇
				平成8年 日本記録樹立: 17.65m
				平成6年 アジア大会 出場
				平成11年 世界室内選手権 10位
H選手	184	115	18.56m	平成12年 アジア大会 7位
				平成15年 東アジア大会 4位
				平成16年 日本選手権 優勝 日本記録樹立: 18.56m
				平成17年 世界選手権 出場

4-4-2. インタビュー調査の方法

各被験者の運動意識を把握するために半構造化面接を実施した。面接は青山（2009）の先行研究を参考に構成し，①面接調査の方法と概要説明，②プロフィール用紙への記入，③砲丸投の技術における最重要内容の調査，④他の技術的重要事項の調査，⑤その他，とした。

4-4-3. 運動投企の内容

図 16 および図 17 は，各被験者に対して実施した面接内容を，本研究の課題に対応するように整備したトランスクリプトである。ここでは面接官の問いかけを太文字で＜ ＞内に表記し，被験者の回答を「 」内に示した。なお，文中の（ ）内の語は著者らの補足を示す。

＜砲丸投の技術について最も重要視していることは何ですか？＞
「右足(脚)の動きを最も重要視していました。特に、グライドのスタートのところですよ。」
＜その動きを具体的に教えてください＞
「グライドをスタートするとき、けり出すときですね。右足の裏を母指球一踵一つま先といった順で着いていきます。このときの着き方と引きつけのスピードです。これが重要です。」
＜その他には何かありますか？＞
「そうですね…。このスタートするときのつま先の上がり方、これは重要です。しっかりつま先を上げること、上に向けることですね。これは重要です。このかたちがしっかりしていないと引きの速いグライドができなくなってしまう。あとは、とにかく水平方向に移動することです。私の場合、投げることに意識がいつてしまうためか、砲丸を上向きにひねり上げることを意識しがちでした。しかし、このグライドをするためには、とにかく、身体が水平方向に移動しなければならないと思います。」
＜その他に技術的に重要な点は何がありますか？＞
「私の場合は、基本的にはグライドのスタートで決まると考えていました。しいて言えば、パワーポジションのときのCライン注)でしょうか。これが決まると、砲丸がはじけるように飛んでいきます。しかし、これも先ほどのグライドが出来ていることが前提になると思います。ここばかり意識してもできるものではないと思います。」
＜その他、何か言い忘れたことはありますか？＞
「特にありません。」

図16 被験者Oの面接調査の結果

＜砲丸投の技術について最も重要視していることは何ですか？＞
「一番大事なのは(グライド時の)右から左への水平移動です。」
＜それはどういうことですか＞
「砲丸投では(砲丸の)初速度がすべてですから、グライドで出来るだけ大きなスピード、水平方向のスピードを得る必要があります。」
＜つまり、グライドで出来るだけ大きな水平スピードを獲得することが重要であるということですか＞
「そうです。」
＜では、そのグライドでの水平方向への移動は動きとしては何に気をつけることで可能になりますか？＞
「それは、振り脚のスピードを止めないことです。グライドでけり出した振り脚をおもいきり水平方向に振っていくことです。そうするとグライドでスピードが死なないでパワーポジションにもっていけます。」
＜その他に技術的に重要なことはありますか？＞
「あとは…。グライドからパワーポジションの時の右足と左足の着地するタイミングでしょうか。右足と左足の着地に時間差がないと良いパワーポジションがとれなくなります。だから、グライドで水平スピードを落とさないで、右足ー左足のタイミングを作ることが重要になります。」
＜その他、何か言い忘れたことはありますか？＞
「特にありません。」

図17 被験者Hの面接調査の結果

このトランスクリプトから、両者共に技術的重要性をグライド局面においていることがわかる。つまり、運動構造的には主要局面にあたる突き出し動作ではなく準備局面であるグライド動作にその重要性があると意識していることがわかる。さらに、両者共通してグライド時に水平方向への身体の移動を重要視していることがわかる。この移動方法については、O 選手が支持足（脚）の動き方に力点があるのに対して、H 選手では振り脚の動き方に力点があるというように水平方向への移動方法のコツに差異が認められる。しかし、いずれにしてもグライド時における身体の水平方向への移動に関する運動意識が重要であると認識していることがわかる。

朝岡（1997）は運動投企について、運動投企とは「運動経過の中で、ある一定の構えをとることによってそこから次の構えまでの経過を先取りし、さらに次の構えをとることによってその次の構えまでの経過を先取りするというように、運動全体を分節的に先取りしていくために頭の中に描かれた『運動プラン』である」と述べている。このことから、本研究の対象となった 2 名の一流競技者は、グライド時におけるそれぞれの水平方向への身体の移動方法を投企することをコツとして捉えているといえ、それを成功させることによっていわゆる「良い投擲」を実現しているといえよう。また、両者のコメントではパワーポジションに関する発言も認められる。

このようなことから、両者においては、まずグライドにおける水平方向への移動に関する運動意識が投企され、これによってパワーポジションまでの動きが自動的に保証され、次にパワーポジションでの動き方が投企されるというように運動が展開されていると理解できる。

4-5. おわりに

本研究で検討したように運動認識は、実際に運動を遂行している運動者の視点から運動意識として何が行われているのかが明らかにされてはじめてその意義を持つといえよう.

4-6. 要約

投動作について、初心者と経験者では力学的要因において差が見られている。加えて、極めて競技力の高い競技者は、基礎体力や専門的運動能力が極めて高いことが分かった。熟練者と未熟練者および日本トップレベルの選手を力学的観点から解析した結果、記録向上につながるであろう項目について、砲丸への出力差、体幹の捻りを最大限に利用することなどがあげられる。先行研究の報告から、体幹の捻りを最大限利用することは、体幹の回転動作を投動作に活用することであると考えられる。また、砲丸への出力が低くなる要因として、技術的なものに加えて先行研究で指摘されている上肢の力発揮と砲丸の速度ベクトルのずれが大きいと考えられる。いずれにしても先行研究により指摘されている課題である。

また、選手の運動投企内容としては技術的な重要性がグライド局面であることが理解でき、中でもグライド時の水平方向への身体移動を重要視している。この身体移動の方法については、個人差が認められている。

第 5 章

研究Ⅳ やり投の運動課題に対する運動学的視点からの研究

4-1. 序論

先行研究からやり投の運動課題について力学的観点からみた場合，多くの研究が行われており，キネティクスおよびキネマティクスデータにより具体的な運動課題が提示されている．そこで，研究Ⅳではやり投の運動課題について国内における競技力の高い選手を対象とし，運動学的観点から検討を行う．

5-2. 研究方法と研究対象

5-2-1. 研究方法

本研究では人間学的運動学の立場からモルフォロジー考察法を用いて検討を行った．分析は選手自身が行う内省的運動分析と研究者（観察者・コーチ）が行う移入的運動分析および機能分析を通して得られた資料を基に分析した．

5-2-2. 研究対象

本研究の対象である M 選手は，80.59m の日本学生記録保持者であり，2002 年，日本選手権における優勝者である．身長は 185cm，体重は 91kg であった．表 8 はこれまでの M 選手の年度別記録および主要成績を示した．

表12 M選手の年次別最高記録及び主要成績

●年次別最高記録(m)	
1995年(高校1年)	56.60
96年(高校2年)	68.00
97年(高校3年)	76.54
98年(大学1年)	73.62
99年(大学2年)	71.70
2000年(大学3年)	78.57
01年(大学4年)	80.59(日本学生記録)
●主要成績	
高校2年	インターハイ優勝, 国体優勝
高校3年	インターハイ優勝, 国体優勝, 日本選手権5位
大学1年	関東インカレ6位, 日本インカレ3位
大学2年	関東インカレ2位
大学3年	関東インカレ・日本インカレ・ 日本選手権・国体
	} 優勝
大学4年	関東インカレ・日本インカレ・ 日本選手権・国体
	} 優勝

5-3. やり投の運動構造

やり投の運動経過についてマイネルの「局面構造」から特徴づける。マイネルは非循環運動の運動構造を「準備局面」、「主要局面」、「終末局面」の三分節に区分している（図 18・a）。この観点から、やり投は予備運動としての「助走」、主運動としての「投動作」、そして制動運動としての「脚の踏み換え動作」から構成されと考えられる。しかし、ゲーナー（1979）が示すように「機能局面」から問題化すれば、予備運動としての「助走」と準備動作としての「クロスステップ」から構成される「援助機能局面」、さらに「やり引き動作」からなる「準備機能局面」そして「投げ動作」の「主要機能局面」、最後は「脚の踏み換え動作」という制動からなる「移行機能局面」とすることもできる（図 18・b）。また、投動作はその機能特性から、やりに力を加えている本質的な投げ動作前半とフォールスロー動作の後半に区分することもできる。図 18 に示した運動経過の構造分析は人間学的運動学の立場から示したものであり、マイネル運動学における運動構造分析の立場が全景に立てられている。全体的・現象的把握が特徴的となり実践での有用性が高いと言えよう。このようなことから、図 18 では運動経過の全体性と各局面の有機的な関係を示すために、局面間の境界領域を明確にせずオーバーラップさせて示した。

次に、このような運動経過の機能局面による構造化をもとに、各局面の機能について確認する。

やりの投擲距離はリリース時の初速度によってほぼ決定される。したがって、やり投

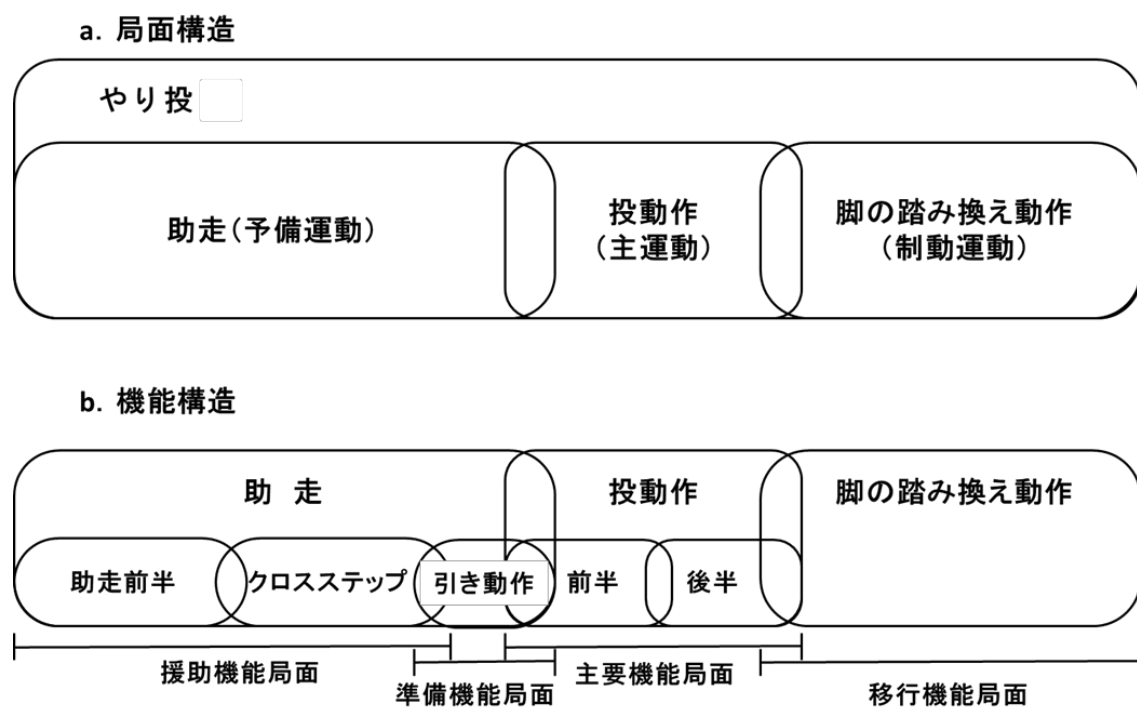


図18 やり投の運動構造

技術では、いかに大きな初速度を獲得できる投げが遂行できるかということが関心の対象となる。助走で得られた運動エネルギーが上肢ややりにすばやく効率的に伝達される必要がある。

図 19 には示していないが、順にみていくと、予備動作であるクロスステップを遂行するために必要な最高のスピードを生み出すことと、安定したストライドで走ることで準備動作の安定度を高めることにある。助走は大きなスピードを獲得することが必要とされるが、大きすぎる助走スピードは完全な投げ動作を阻む原因となるので、各選手に適正な助走スピードが考慮されねばならない。準備動作としての「クロスステップ」(図 19・1~8)での課題は、助走で得られたスピードを維持しながらやりを引き、上体を後傾させることによって、投げの準備をとることが容易になることにある。クロスステップの方法にはいくつかの方法があり、選手の適正に合わせて選択する必要がある。次に、やり投の一連の動作で最も重要な局面は「投動作」(図 19・10~12)である。投動作の課題は、より多くのエネルギーをやりに伝達し、適切な投射角で投射できるかということにある。「準備動作によって投げの構えが準備され、投動作が始まる。左足を着地して、身体の前進スピードを、投運動のエネルギーに変換しようとするところから投動作と考えることにする。左足着地によってブレーキをかけ、右脚で右腰を回転させる。このブレーキによって、後傾していた身体は大きく起きあがってくる」。そして、「それと同時か、あるいは、投擲方向へ伸

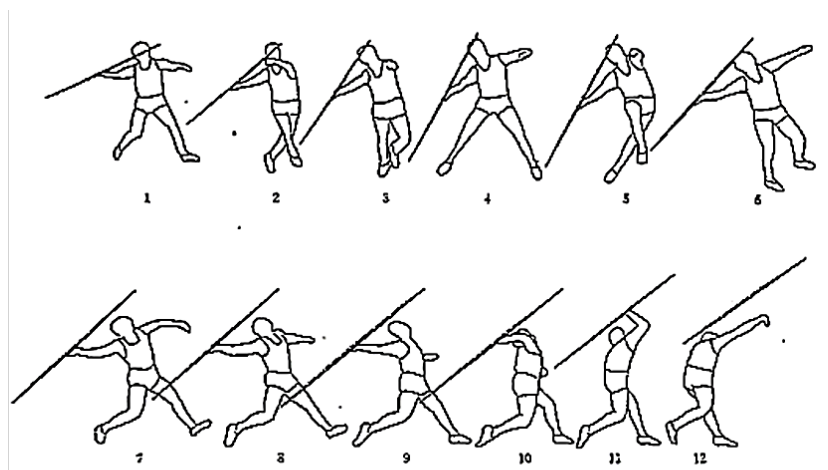


図19 やり投の運動経過(クロスステップおよび投げ動作の局面)

ばされていた左腕を、左脇にすばやくひきつけながら、右肩を前方へ回転させる。その時右腕は、肘を曲げて巻き込むようになる。そして、やりを持った手が右肩の真上を通過するように、やりを引き、投げあげる。右肩が腰の真上にくると同時くらいに、やりを肩の真上ではじくように投げる」。このように投げ動作は、身体の起こし動作と回転動作を利用している。さらに、最終局面として制動動作である「脚の踏み換え動作」(図 20・27~33)があげられる。やり投げの競技課題は、やりを投げ終わって、身体が助走路内に止める必要がある。そのため、ファウルを犯すまえに止めの脚の踏み換え動作は重要である。「投げの後半における脚の動きについては、左脚は身体が前方へ出ようとする勢いにブレーキをかけ続け、右脚は右腰と一緒に、左側を越して前へ出ようとする。そして、やりが手から放たれた後、右脚をすばやくひきつけて前方へ踏み出す。投げのフォールスローによって、左右の腰を中心とした回転運動が起こるのを防ぐため、この右脚の踏み出しと同時に、上体は後ろに反るように起こされる。この1歩の踏み出しによって身体の前方への勢いを制動できない場合は、さらに左脚を踏み出すか、右脚でホップすることで制動する」ことになる。

5-4. 指導者から見た M 選手の技術構造分析

ここでは前述した一般的なやり投げの構造分析を参考に、筆者らの移入的運動分析によって M 選手の技術構造分析を試みる。

まず、助走からクロスステップの前半部分(図 20・1~9)における図 20 から 4 では、上半身に緊張が見られるので、図 20・5 のようなリラックスした動きが必要と考えられる。

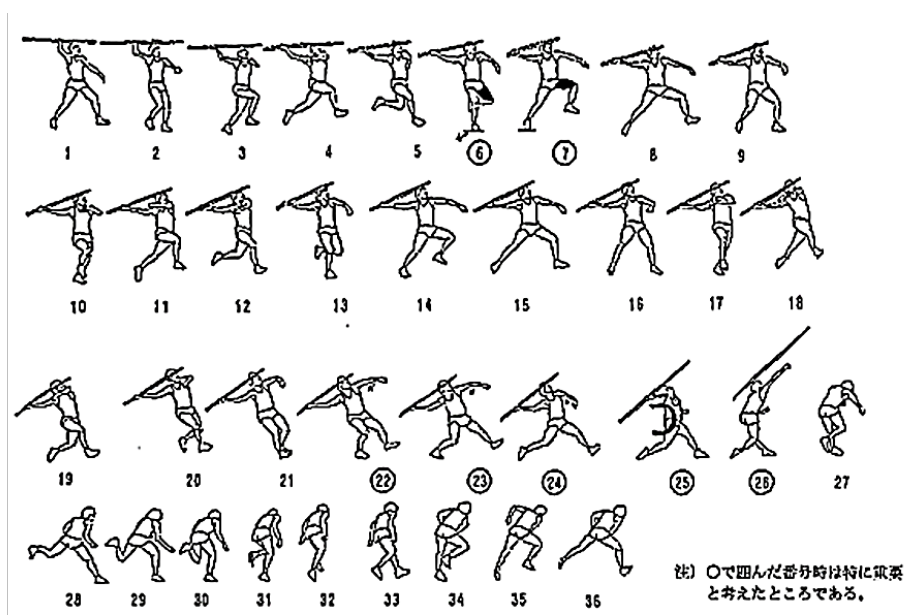


図20 M選手の投てきフォーム(日本学生記録 80m59達成時)

M選手はクロスステップで身体を突っ込むくせがあるため、ランニングの腿上げ的な感覚でクロスステップに入ることを指導している。その結果、図 20・6 では左大腿部があがるようになり、右足のつま先にしっかりと体重が乗っている。もっとも重要な局面である投げ動作では、図 20・25 での右脚、体幹、右腕の「Cライン」（図中では逆Cライン）を維持して、左足外果の上に左腰が「乗っていく」感覚を持つことが重要となる。しかし、M選手の場合、図 20・22 から 24 にかけて、左足が地面に着く動作と同じタイミングで左腕を引くことが多く、図 20・26 で腰が抜けてしまうことが多い。これを防ぐためには、図 20・24 で左腕を引くタイミングを遅らせることができれば、解消されと考えられる。また、投げ動作時の左脚のブロックの以前は膝関節が屈曲してしまい、地面からの反力をうまく利用することができないことが多々見受けられたが、この図の試技ではうまくブロックできている。また、制動動作には問題はみられない。補足となるが、投げ動作時の「乗っていく」感覚をつかむトレーニングとしては、砲丸を利用した各種投擲練習などの体幹トレーニングを実施している。

このように、技術的に重要な局面である「クロスステップ」、「投げ動作」とともに問題現象が発生することはあるものの、現在ほぼ目標とする技術は達成されており、その技術的完成度は高いといえる。

5-5. M選手の内省的運動意識分析

ここまでは主に指導者が選手の運動経過について、視覚による外部的観察から行われる分析結果を中心に考察した。次に運動者自身の自己観察から得られる運動意識の内容につ

いて分析する．ここで取り扱われる運動意識とは、「運動プラン」、「運動投企」、「運動感覚」の三つである．分析対象をこの三つにした理由は、実践の場において指導者、学習者はともに運動者自身が「実際に動く前にどのようなイメージを持っているのか」、「運動遂行中にどのように運動をしているのか」、「良い動きができたときはどのような感じがするのか」という点に多くの関心が向けられると考えられるからである．まず、M 選手の運動意識の分析に先立って、本研究で検討する 3 つの運動意識の定義を示す．

「運動プラン」はボイテンデイク（1956）にならって、運動の遂行前に思い浮かべられる潜勢的・力動的形式の表象、つまり運動遂行前の「図式化された運動遂行の仕方」と定義する．「運動投企」は朝岡（1997）の定義に基づいて「運動経過の中で、ある一定の構えを取ることによってそこから次の構えまでの経過を先取りし、さらに次の構えまでの経過を先取りする」というように、運動全体を分節的に先取りしている．「運動感覚」は「体験としての運動感覚」を意味し、実施した運動によって生じる快・不快の感情の内容である．

以上のような運動意識の定義に基づき運動意識に関する分析を行う．

意識内容の分析は、筆者らが M 選手に対して M 選手のビデオ映像と連続写真を見ながらフリートーキングで話す内容をテープに録音した資料と普段のトレーニング指導において行われている移入的運動分析から把握されている意識内容を合わせて検討する．以下に示すのは M 選手の言表の要約である．

「助走は走幅跳の助走のようにだんだん加速していくようにしていますね．以前は最初から正面を向いて、胸を張って走っていましたが、これではなかなかスピードは出ません．

今は流れに気を付けて、投げの最後のところで最高のスピードが出るようにしています。

そしてクロスステップに入るときには、ウォーミング・アップの「流し」をしているような、リラックスした状態で身体をすこしずつ前かがみにして重心の移動が行いやすいようにします。そして、スピードが乗ってきた段階で自然にストライドを伸ばしていきます。

このようにすると、クロスステップからブロックの段階（図 11・25）では、自然に左足が着地するまで力を抜いた状態を作ります。ここでは助走で得られたスピードの慣性を利用して自然に前に進むことを心がけています。以前は図 11・23 から 25 のブロックの局面で左足をできるだけ早く地面に着けるように意識していましたが、そうすると『早く着けよう』と意識してしまっただけで、どうしても身体が緊張してしまっていました。今はこれを自然に足が着くまで待っているようにしています。そして左足が着地した瞬間に、初めて力を入れて脚が一本の棒になるようにします。こうすると、やりがはじき飛ばされるように投げられます。投げの際は、やりを引いたところから頭のところまで意識的に振るようにしています。後は（やりが）自然に跳んでいくので、それから、ブロックの際には右脚から胴そして右手までのしなりに気を付けますね。しっかりブロックするには、左腰がしっかり入っていないと駄目ですから。うまく投げられた時には投げている感触が全然ありませんね。左足が着いたらもうやりが飛んでいっているという感じです。それに比べて駄目な投げの時には、投げた努力感がものすごくあります」。

以上のような言表から M 選手の運動意識を考察すると、運動プランは次のようになると考えられる。助走の流れである加速方法を表象し、クロスステップ時の加速から左脚のブ

ロックと同時にやりを後方へ引いた状態から頭の位置までの振り切りを表象している。また、このことは、前述した運動経過の分析について、M 選手の場合には投げ動作がやりを最も後方へ引いた位置から頭部の位置までと、頭部からリリースまでというように二分節になっていると考えられる。次にこの一連の運動プランが実行されたときに、どのような運動投企の内容が残るのか検討した。その結果、助走からクロスステップに入る段階と左脚のブロックの局面であると考えられた。この理由としては、上述した意識報告の内容がその局面に集中していることと、M 選手自身が「クロス（ステップ）の入りとブロックした瞬間しか、感覚的には残っていませんね」、と述べているからである。したがって前述したような運動プランを実施前に表象し実施したときには、クロスステップの入りの投企とブロックの投企が技術的に重要な運動投企内容になっていると思われる。また、理想的な投げが遂行できた際には、努力感の少ない投げができていることが報告されている。この快感情は運動の出来映えを現す指標として重要であると考えられる。

このように M 選手の意識内容を分析してみると、指導者としての筆者らの分析結果とその着目している局面がほぼ一致していることが分かる。したがって一流やり投げ選手を指導する際の指導者の観察視点及び学習者の学習観点は、「クロスステップ」および「投げ動作」の局面に集約できるのではないだろうか。つまり、この局面にいわゆるパフォーマンスを高める為の「コツ」が内在していると考えられる。

5-6. おわりに

本研究では M 選手の技術構造について、運動経過及び運動意識の観点から考察をしてきた。本研究で明らかにされたやり投げの技術は M 選手一例のものであり、他の競技力の高い選手の技術と共通であるかという点については検討していない。今後、同様な研究方法によって多数の事例についての検討がなされなければならないだろう。このような研究が進むことによって競技力向上のためのコツが解明され、「やり投の技術」が解明されることになると考えられる。

注

一般的に機能分析は外的機能分析と内的機能分析に分けられるという。外的機能分析は外的な運動経過に関わる分析で、一般に運動の主体と環境との意味系・価値系の観点から分析が行われる。いっぽう、内的機能分析は運動の内的観点に関連付けられるもので、い

わば運動の構成が前景に立てられる。

5-7. 要約

やり投では、脚の接地によりブレーキをかけ、腰を回転させ、後傾している身体を大きく起き上がらせる必要がある。さらに、上肢を体幹部にすばやく引きつけながら、肩を前方に回転させることも求められる。加えて、やり投競技の課題として助走路内にとどまる（ファウルしない）ことが求められる。そのために、脚の踏み換えや倒れ込むことで身体

に制動動作をかける。以上のことから、やり投の投動作は起こし動作と回転動作および制動動作により構成されていると考えられるであろう。

また、競技者の競技力向上のための指導，修正箇所は「クロスステップ」と「投動作」に集約され，そこに「コツ」が内在している可能性がある。

第6章 総括論議

本研究の目的は、世界との競技力差に違いがみられる陸上競技投擲種目の砲丸投とやり投を対象に、その投擲動作についての研究を行い、その研究から競技力差の原因追究および今後の競技水準を引き上げるための要因について検討することであった。そのためにまず、砲丸投について力学的観点から検討を行い、量的観点における運動課題を明らかにした（研究Ⅰ，Ⅱ）。その後、砲丸投について運動学的観点から検討を行い、質的観点における運動課題を明らかにした（研究Ⅲ）。また、やり投については力学的観点から多くの研究が行われており、客観的な評価基準がすでに明確化されている。そのため、やり投については運動学的観点からのみ検討を行い、質的観点における運動課題を明らかにした（研究Ⅳ）。以上の結果を踏まえたうえで、総括的な論議を行っていく。

6-1. 砲丸投の運動学的論議

研究小史から、砲丸投においてパフォーマンスと直接的に関係があるのは投擲距離であり、その投擲距離のほとんどは初速度によって決定される。そのことを踏まえた上で、多くの研究が行われている。その結果、最も重要とされているポイントは、肩関節の屈曲トルクを発揮させる体幹の回転および体幹の回転動作による砲丸速度への貢献が高くなること、それに加えて上肢による力発揮の方向と砲丸の速度ベクトルをできるだけ合わせることである。ここまで明らかになっているにもかかわらず、やり投のように客観的な評価基準は提示されておらず、一貫した特徴および課題ははっきりとしていない。

そこで、研究Ⅰにおいて被験者と未経験者の突き出し動作に関して検討を行った。その結果、投擲距離を増加させるためには投運動時の力積を大きくすることが必要であることが明らかとなった。力積は、動作時間と平均力の積であり、平均力は水平力と鉛直力の合力である。経験者は動作時間を短くし、平均力を高くすることで力積を高くしている。一方で、未経験者は動作時間を長くすることで力積を高くしようとしている。砲丸投の投擲動作自体の動作時間は短く、さらに突き出し局面のみとなるとさらに短くなるため、力積を大きくするために動作時間を長くするには限界がある。加えて、経験者が動作時間を短くしている点および時間が短くなると仕事量が大きくなることから、動作時間を短くすることが望ましいといえる。また、平均力を構成する水平力と鉛直力について、投擲距離との相関関係が高いのは水平力である。つまり、投運動において投擲距離を増加させるためには動作時間を短くし、水平方向への力発揮が必要であることが明らかとなった。

その特徴を踏まえたうえで、研究Ⅱにおいて日本トップレベルの砲丸投選手の動作特徴から運動課題について力学的観点から検討を行った。その結果、低い位置からのグライド動作や左肩のリードによる腰の回転を用いたバランスの良い投擲動作を行っており、この特徴を踏まえた上で、世界レベルの選手との比較および記録を向上させる要因を検討すると、砲丸への絶対的な出力差と体幹の捻りを最大限利用することなどが指摘される。この砲丸への出力差について、日本トップレベルの砲丸投選手では 49.85 kg 重であるのに対して、1991 年の世界陸上競技選手権大会で優勝した選手は 55.76 kg 重である。この値は、投擲距離に重要な砲丸の初速度に影響を与え、非常に重要な要素である。また、グライド後に右足と左足の接地時間差が 0.67 秒と大きく、その結果パワーポジションにおいて右腰の回転

が大きく進んでしまい、上体の捻りが最大限利用できない状態となってしまう。これは、先行研究でも指摘されている体幹の回転を利用することと同様であると考えられる。つまり、日本トップレベルの砲丸投選手ですら、体幹の回転を利用できていないと指摘できる。先行研究を踏まえたうえで上記の検討から、力学的観点から砲丸投の運動課題について検討すると、指摘されている運動課題のほとんどは投動作である突き出し局面に集約されているといえる。

次に、研究Ⅲにおいて砲丸投の運動課題を運動学的観点から検討するために、運動者の内側からとらえた砲丸投の運動構造を明らかにし、その中で運動者が課題としている部分の考察を行った。その結果、技術的重要性がある局面として挙げられたのがグライド動作による局面であり、この局面で最も意識されているポイントとして、水平方向への身体移動があげられていた。この局面は、投擲動作全体の中でも動作開始時にあたり、これによりこの次の局面となるパワーポジションまでの動きを自動化させようとしている。つまり、投擲動作全体を通して水平方向への身体移動を課題としており、その中で最も重要性があると報告しているのはグライド局面である。これは運動投企として、砲丸投では動作開始時が最も重要であることを指摘し、その水平方向への移動方法を投企することがコツであることを示している。実際、水平方向への移動方法について被験者間で相違があり、水平方向への移動に関する運動認識も異なっている。つまり、その部分こそ運動を行う上で頻繁に用いられるコツが存在する箇所であるといえる。

以上の研究から、砲丸投について力学的観点および運動学的観点からその課題について検討を行った。その結果、力学的観点からみた課題は、突き出し局面つまり投運動の箇所

にある。一方で運動学的視点からみた課題は、グライド局面つまり動作開始時および動作初期部分にある。つまり、2つの視点から砲丸投における運動課題を検討すると相違がみられることが分かる。先行研究からも分かるように、突き出し局面は砲丸投のパフォーマンスで最も重要な役割があり、運動投企の観点から考えると突き出し局面の前段階であるグライド局面は次の局面（突き出し局面）の先取りのために重要な局面であるともいえる。つまり、この課題が統一されていない部分が競技力差および競技力水準の低下を招いていると考えられる。しかし、力学的観点からみた場合の課題の1つに水平方向への力発揮、水平力の増加があげられ、これは運動学観点からみた場合の課題の1つである水平方向への身体移動と同様な課題であると考えられる。よって、「水平」というキーワードでは共通する課題があるものの、その運動課題には根本的な相違がある。

6-2. やり投の運動学的論議

次にやり投について論議を行う。やり投は砲丸投と同様にパフォーマンスと直接的に関係があるのは投擲距離である。また、やり投は空気力学的種目であるため投擲物であるやり自体の研究、挙動・飛行に関する研究も行われている。その中で、やりの距離を増加させるためには砲丸投と同様に初速度が重要であり、その中でも水平初速度、つまり水平方向への力発揮が重要であることが指摘されている。初速度および水平方向への力発揮を増加させるためには、右脚接地時の身体後傾角や各関節角度の特徴、体幹の使い方など細かく解析されている。この細かく解析された動作的特徴を踏まえた上で、様々な被験者（世界トップレベルの選手から初心者まで）の投擲動作を解析し、やり投動作の客観的評価基

準を項目として作成し、各項目（助走速度、身体重心とグリップとの水平距離、上肢角度、腰の角変位、体幹角度、左膝角度、右膝角度の 7 項目）の数値から動作の得点化が行える。その結果、世界トップレベルや日本トップレベルなど選手個人が目標とする比較対象と比較でき、動作特徴として明確な差を提示できる環境にある。そのため力学的な要因は十分な研究がなされていると判断できる。

そこで、研究Ⅳにおいてやり投の運動および技術構造を運動学的観点、つまり質的観点からの検討を行った。その結果、3 つのポイントがあることが分かった。まず 1 つ目として、助走スピードの増加と安定したストライドで走ることであった。これは、選手本人の内省的運動意識として「重心移動のしやすさ」や「スピードに乗っていく」といった感覚が影響しているためであると考えられる。これにより選手本人は、助走の速度を高めようとしていることが分かり、力学的観点からみた動作のポイントとして提示されている助走速度と同様であることが分かる。また 2 つ目のポイントとして、クロスステップから助走スピードを維持し、「やり」を引きながら上体を後傾させることがあげられる。動作特性として、クロスステップへ入る段階でやりをしっかりと引くことで身体重心との水平距離が生まれ、上体を後傾させることは体幹の後傾角を生み出す原因になりえる。つまり、力学的観点からみた動作のポイントである体幹の後傾角度および身体重心とグリップ（グリップはやりの一部）との水平距離と同様である。そして 3 つ目のポイントとして、投動作局面において「多くのエネルギーをやりに伝達し、適切な投射角度で投射する」という点であり、一言で表すとこのような短い一文となるがこの中には選手の内省的運動意識が多く内在している。その一部として、「左脚接地によってブレーキをかけ、右脚で腰を回転させること」

や「右肩が腰の真上にくると同時にやりを肩の真上ではじく」、「右腕を楽に伸ばし、あるいは軽く曲げて巻き込むようにするなど」、「ブレーキによって後傾した体を大きく起き上がらせる」のような意識があり、それらは腰や上肢、脚、体幹などの身体各部を意識しているからこそ生まれると考えられる。また、力学的要因から検討した結果として提示される腰の角変位や左膝角度、右膝角度、上肢の角度などといった項目は、腰や上肢、脚、体幹などの身体各部の部分的なポイントを示した結果であり、その部分を意識したものである。このことから内在的に意識している部分と力学的に重要であるとして報告されている部分はポイントとして同様であるといえる。

つまり、運動学的観点からみたやり投動作の課題と力学的観点からみたやり投動作の課題は同様もしくは非常に近い部分で一致しており、選手自身の内省的運動意識と外側からの自然科学的アプローチが一致していることになる。

6-3. 競技力差の要因に関する運動学的論議

砲丸投およびやり投について、同じ投擲種目であっても世界との競技力差を比較した際には、やり投は世界水準に近く、砲丸投はかなり遠いのは事実である。この差について力学的観点、つまり量的側面からみるとキネティクスおよびキネマティクス項目において絶対的差があり、世界レベルと日本レベルを比べた際に明確に数値の差として提示されてしまう。その結果を踏まえて競技力差について検討すると、数値差が特に大きいのは砲丸投であり、小さいのがやり投であるという単純な回答となってしまう。一方で運動学的観点、つまり質的観点からみると砲丸投では動作の始まり部分であるグライド局面に砲丸投の

「コツ」が内在し、運動意識がある。やり投は、高い助走速度から投動作であるやりを投げる部分を中核として運動意識があり身体各部の細かい意識感覚がある。ここで、提示された運動学的観点からの課題と力学的観点から示されている課題と照らし合わせると、やり投は課題としているポイントが一致もしくはほぼ近い形で類似しているのに対して、砲丸投では課題として提示されているポイントが局面ごと異なっており、ほとんど一致していないことが分かる。つまり質的側面における課題と量的側面における課題を比較した場合、世界との競技力差の少ないやり投はほとんど一致しており、競技力差の大きい砲丸投はほとんど一致していない結果となった。

砲丸投およびやり投は競技特性として投擲距離が最も重要であり、その投擲距離を決定する要因のほとんどは初速度、投射角、投射高であることは周知の事実である。これらの要因は力学的値であり、物理学や人間工学などの自然科学的分野に沿った要因である。つまり、高い投擲距離を発揮するためには量的観点からみた課題は必須であり、それらは効率的かつ理にかなっているといえる。一方で投擲距離を発揮するための動作を行うのは人間であり、動作遂行のためには人の運動感覚や意識も重要となる。そのため、動作に対して運動感覚や意識の観点、つまり質的観点からのアプローチも必要である。このとき抽出された課題と力学的要因からみた課題に相違がみられることは、効率的な運動課題に対する運動意識や感覚からのアプローチが異なることを示すことになる。人間が運動課題について解決を図ろうとする場合、改善すべき課題に対しての運動意識が必要になる。よって、力学的観点からみた課題解決のための運動意識のずれが競技力差を引き起こしていると考えられる。

第 7 章 結語

本研究の目的は、世界との競技力差に違いがみられる陸上競技投擲種目の砲丸投とやり投を対象に、その投擲動作についての研究を行い、その研究から競技力差の原因追究および今後の競技水準を引き上げるための要因について検討することであった。研究Ⅰでは、熟練者と未熟練者の違いから突き出し局面での上肢の力学的特徴に相違があることを明らかにし、研究Ⅱでは日本トップレベルの競技者が更なる記録向上のための要因について明らかにした。研究Ⅰ、Ⅱは力学的観点からみた研究であり、その結果、競技力を向上させるためには突き出し局面に課題があることが明らかとなった。また、研究Ⅲにおいては、砲丸投の運動課題を運動学的観点から検討し、その課題がグライド局面にあることが明らかにした。さらに、研究Ⅳではやり投の運動課題を運動学的観点から検討し、その課題が力学的観点から指摘されている課題と一致していることを明らかとした。

以上の研究結果から、競技力差を引き起こしている原因の 1 つとして、運動課題の認識つまり運動意識に相違にあることが明らかとなった。この運動意識のずれが日常的なトレーニングなどに影響を与え、競技力差を引き起こす原因の 1 つになっているのではないかと推察される。

参考文献

- 阿部征次（1994）短距離種目の戦術論の試み．スプリント研究，4：25-31.
- 阿江通良・藤井範久（2002）スポーツバイオメカニクス 20 講．朝倉書店.
- 青山清英（2001）短距離走における加速感に基づく戦術トレーニングに関する運動学的考察．スポーツ運動学研究，14：27-36.
- 青山清英（2009）走幅跳のパフォーマンスに影響を与える質的要因と量的要因の関係に関する研究．平成 20 年度筑波大学博士（コーチング学）学位論文.
- 朝岡正雄（1991）人間科学の方法と運動研究．スポーツ運動学研究，4：1-12.
- 朝岡正雄（1997）運動投企の形成に関するモルフォロギー的考察．スポーツ運動学研究，10：1-17.
- 朝岡正雄（1999）スポーツ運動学序説．不昧堂.
- 朝岡正雄（2000）運動学習における機能単位分割法の障碍事例に関するモルフォロギー的考察．スポーツ運動学研究，13：15-29.
- ボイテンデイク，演中訳（1995）人間と動物．みすず書房.
- Brown, H.C., Bill, W., Bob, S. (2000) Javelin USA Track & Field COACHING MANUAL. Human Kinetics, p249-264.
- Buytendijk, F. J. J (1956) Allgemeine theorie der menschlichen Haltung und Bewegung. Springer-Verlag, Berlin.
- フェッツ，金子・朝岡訳（1979）体育運動学．不昧堂.

Franz Lehmann (2010) Biomechanical Analysis of the Javelin Throw at the 2009 IAAF

World Championships in Athletics. New Studies in Athletics, 25 : 61-77.

Göhner, U (1979) Bewegungsanalyse im Sport. Karl Hofmann.

橋本勲 (1985) 砲丸投げの記録に及ぼす砲丸重量の影響－熟練者と未熟練者の比較－. 中

京女子大学紀要, 第 19 号 : 129－136.

橋本勲ほか (1987) 砲丸投げの身体運動学的研究. 中京女子大学紀要, 第 21 号.

橋本勲ほか (1991) 砲丸投げにおけるエネルギー発揮に関する研究－脚部および体幹の役

割について－. Jap.J.Sports Sci., 10 : 73-79.

橋本勲ほか (1994) 砲丸投げの投動作に及ぼす砲丸重量の影響. Jap. J. Sports Sci., 13(1) :

107-113.

林幸信 (1976) やり投げ, 陸上競技のコーチングⅡ. 大修館書店.

Hermann W. G. (1962) An Electromyographic study of Selected Muscles Involved in the

Shot Put. Res. Quar, 33 (1) : 85-93.

池上康男・橋本勲 (1988) やり投げの動作. 体育の科学, 38 (2) : 106-111.

石井喜八, 斉藤好史 (1982) 強靱でしなやかな投げ. Jap. J. Sports Sci, 1 : 79-84.

石塚浩 (1994) 陸上競技の跳躍種目における戦術に関するスポーツ運動学的視点から見

た基礎的研究－走幅跳と三段跳を対象として－. 陸上競技研究, 19 : 10-19.

Joris, H. J. J., Edwards van Muyen, A. J., van Ingen Schenau, G. J., and Kemper,

H. C. G. (1985) Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female

handball players. Journal of Biomechanics, 18 (6) : 409-414.

金原勇，泰山国広，三浦望慶（1964）投てき力(投てき物に与え得る運動量)を大きくする基

礎技術の研究(その 1). 東京教育大学体育学部紀要, 4 : 137-146.

金高宏文・渡壁史子・松村勲・瓜田吉久（2009）やり肘痛を持つ大学女子・やり投げ選手

の投動作の改善過程－走高跳の踏切練習を手がかりにした肘痛を発生しない投げ動作

創発への取り組み－. スポーツパフォーマンス研究, 1 : 94-109.

小山裕三・岡野雄司・村上幸史・梶揮聖子・青山清英・青山亜紀・加藤弘一（2003）高校

上級投てき競技者における戦術能力に関する運動学的考察. 陸上競技研究, 55 : 9-19.

前田克史・村井美奈・高橋小夜利・吉田真・菅原誠・松田嘉博・佐々木敏（1998）やり投

げ選手の肘関節障害に対するリハビリテーションの一工夫. 理学療法ジャーナル, 32

(6) : 430-436.

マイネル，金子明友訳（1981）スポーツ運動学. 大修館書店.

マトベーエフ（1978）やり投げ，陸上競技トレーナー用教科書. ベースボールマガジン社.

Miller, J. E. (1960) JAVELIN THROWERS ELBOW. The Journal of Bone and Joint

Surgery, 42B (4) : 788-792.

村木征人ほか（1982）現代スポーツコーチ実践講座 2. 陸上競技(フィールド), ぎょうせい.

村木征人（1983）スプリント走における速度強度および歩幅と歩数に関する研究－スプリ

ント走の各種客観速度と主観速度および歩幅との関係－. 身体運動の科学V. 杏林書

院, 東京 : 76-83.

村木征人（1993）コーチングからみた全身の動きと部分の動き. 体育の科学, 43 (12) :

973-980.

- 村上幸史・塚田卓巳・遠藤俊典・田内健二（2014）やり投世界トップレベル選手における
投てき動作の縦断的变化－2007 年から 2013 年までの 7 年間の追跡調査－. 陸上競技
研究, 98（3）：2-9.
- 中村達也（2003）やり投擲時における助走運動量のやりへの変換率について. 武蔵丘短期
大学紀要, 11：67-71.
- 恩田実（1988）やり投. 陸上競技指導教本, 東京：249-262.
- 斉藤慎一, 横井孝志（1983）スプラインとデジタルフィルターによるデータスムージン
グのための Basic プログラム. 筑波大学体育科学系紀要, 5：201-205.
- 桜井伸二編著・宮下充正監修（1992）スポーツ科学ライブラリー・5 投げる科学. 大修館
書店, 東京：104-110.
- 佐野淳（1990）運動の観察と分析. 運動学講義. 大修館書店, 東京：156-163.
- 渋川侃二, 吉本修, 植屋清見（1968）砲丸投げ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, 6：63-68.
- 西藤宏司ほか（1973）砲丸投げの投てき動作に関する研究(II)－投げ動作について－. 中京
体育学論叢, 15：1-16.
- シュモリンスキー, G. 成田・関岡訳（1982）ドイツ民主共和国の陸上競技過程：424-445.
- シュティラー, G. 谷釜・稲垣共訳（1980）ギュンター・シュティラーの「球技戦術論」
新体育社, 50：6-12.
- 鈴木正保・角田俊幸（1980）投げの運動に関する文献研究. 体育の科学, 30（7）：515-520.
- 田内健二・村上幸史（2008）世界一流男子やり投げにおける投てき技術－1991 年世界陸上

東京大会と 2007 年大阪大会との比較－. スポーツバイオメカニクス研究, 12 (2) :
143-152.

田内健二・村上幸史・藤田善也・磯繁雄 (2009) やり投の日本トップ選手における動作分
析データの活用事例－世界トップレベルとの相違点を提示して－. スポーツパフォー
マンス研究, 1 : 151-161.

田内健二 (2014) やり投げにおけるバイオメカニクスサポート. バイオメカニクス研究,
18 (2) : 94-100.

Tidow, G (1991) Modelle fur das leichtathletische Techniktraining. In Die Lehre der
Leichtatnletik, 6 : 15－18.

Tidow, G (1991) Modelle fur das leichtathletische Techniktraining. In Die Lehre der
Leichtatnletik, 7 : 15－18 (a).

植屋清見 (1975) 砲丸投げ記録向上の条件⑥動作の大きさ. 月刊陸上競技, 9 巻 10 号 :
117-121.

植屋清見 (1975) 砲丸投げ記録向上の条件⑦ フェアーバッハ, ウッツ～その強さの秘密
をさぐる. 月刊陸上競技, 9 巻 12 号 : 110-114.

植屋清見 (1976) 砲丸投げ記録向上の条件⑧回転式投法への移行. 月刊陸上競技, 10 巻 1 号 :
140-146.

植屋清見, 中村和彦他 (1994) 砲丸投げのバイオメカニクスの分析, 世界一流競技者の技
術. 第 3 回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書, ベースボールマ
ガジン社 : pp.207-219.

植屋清見、中村和彦、麻場一徳、池川哲史（1992）砲丸投げの投フォームとパフォーマンス

ス～世界と日本との差～．日本バイオメカニクス学会第 11 回大会論集：pp.437 -443.

Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal a noise in the kinematics of normal pathological and sporti gaits. Human Location, 1 : 92-93.

山本大輔・野口安忠・伊藤道朗・中西一平・伊藤章（2013）やり投げにおけるやり速度に対する身体各部位の貢献度からみた立ち投げと助走投げにおける特徴の違い．天理大学学報, 233 : 1-9.

吉福康朗（1982）投げるー物体にパワーを注入するー．Jap. J. Sports Sci. 1 : 85-90.

ヤーン・ケルン．朝間他監訳（1998）スポーツの戦術入門，大修館書店．

Zatsiorsky. V. M., G. E. Lanka, and A. A. Shalmanov (1981) BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SHOT PUTTING TECHNIQUE. Exer Sport Sci, Revi, 9 : 353-398.

謝辞

本論文は 1994 年から 2010 年までの研究成果をまとめたものであります。

主査をしていただいた角田直也教授（国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科）には、論文の構成から、総括論議における考察まで終始にわたりきめ細やかなご指導とご助言を賜りました。誠にありがとうございました。

また、副査をしていただきました池田延行教授（国士舘大学体育学部こどもスポーツ教育学科）、松本高明教授（国士舘大学体育学部武道学科）には多大なご助言を賜り、より深い考察を行うことができました。心より感謝申し上げます。

さらに、私の研究活動全般にわたってご指導とご助言を賜りました青山清英教授（日本大学文理学部）には、心から感謝申し上げます。先生方のご指導、ご助言があつてこそ本論文を構成する基幹研究をすることができました。誠にありがとうございました。

そして、秋葉茂季研究科助手（国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科）には、論文の体裁など細やかなご指導とご助言を賜りました。誠にありがとうございました。

最後に、本論文を完成させるにあたり、数多くの先生方にご指導、ご助言、ご支援をいただきました。誠にありがとうございました。また、国士舘大学という素晴らしい環境でこれまでの研究成果をまとめた本論文を執筆することができ、心より感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

小山裕三