

小学生のジャベリックボール投における助走速度およびラストステップのタイプが投てき距離に及ぼす影響

比留間 浩介¹⁾ 森 健一²⁾

1) 山形県立米沢女子短期大学 2) 武蔵大学

Effects of approach speed and last-step type on throwing distance in javelin ball throwing by elementary school students.

Kosuke Hiruma¹⁾ Kenichi Mori²⁾

1) Yamagata Prefectural Yonezawa Women's Junior College

2) Musashi University

Abstracts

The purpose of this study was to clarify the effects of approach speed and last-step type on the throwing distance of javelic ball throwing by elementary school students and the differences between boys and girls. The main results are as follows.

1) The relationship between throwing distance and approach speed was significantly correlated in boys, but not significant in girls.

2) A comparison of throwing distance and approach speed by type of last step showed that there was no significant difference in throwing distance between boys and girls, but there was a significant difference in approach speed, which was significantly higher for the front cross step than for the back cross and side step.

3) The relationship between front cross step and back cross step throwing distance and approach speed was significantly correlated only in the front cross for boys.

In conclusion, it is clear that last-step characteristics and proficiency in throwing motion influence the relationship between approach speed and throwing distance in javelic ball throw in elementary school students. Therefore, it is necessary to take these considerations into account when developing practice and teaching methods.

1. 緒言

ジャベリックボール投は、小学生のやり投の普及を目的に、基本となる技術を安全かつ容易に身につけられるようにする（日本陸上競技連盟，2015）ため、2016年の全国小学生交流大会からそれまでのソフトボール投に代わって実施されるようになった種目である。

このような経緯を考慮するとジャベリックボール投の指導では、なるべくやり投に近い動作形態を目指す必要があると考えられる。やり投の種目特性を示す大きな特徴の一つとして、助走を用いた後に投てきを行うことが挙げられる。やり投選手を対象に

したこれまでの研究で、投てき距離と助走速度との間には、有意な正の相関関係が認められており、記録を向上させる上では、助走速度の大きさは重要な要因になることが明らかにされている（稲垣ほか，2016；Murakami et al., 2006；田内ほか，2012）。ジャベリックボール投においても15mの助走距離が与えられており、この助走距離を有効に活用し、助走によってより大きな力学的エネルギーを獲得することが記録の向上に繋がると考えられる。実際に日本陸上競技連盟が配信するジャベボール投の指導動画（日本陸上競技連盟，2016）においても「助走スピードを上げなければ遠くに投げることは出来ない」と提示されている。

ところで、児童期における助走を伴う投動作についてマイネル・シュナーベル (1991) は、連結能力とリズム化の能力が要求されるため、難易度の高い運動であることを指摘している。実際に遠投における助走の有効性について検討した先行研究 (渡辺ほか, 2006) では、「助走あり」よりも「助走なし」の方が遠投距離が大きい者が複数名いたことを報告している。これらのことから、導入段階である小学生のジャベリックボール投において、やり投選手に求められるような助走スピードを高めて投動作に移行する技術は、難易度の高い動作であることが予想される。そのため、やり投選手と同様に、助走速度の大きさが投てき距離に影響を及ぼすとは限らないと考えられる。したがって、導入段階として設定されている小学生のジャベリックボール投の助走速度と投てき距離との関係について明らかにすることができれば、今後、発育発達段階を考慮した指導方法、練習方法を立案していくための基礎的な資料になると考えられる。しかし、これまで小学生のジャベリックボール投を対象に、助走速度と投てき距離との関係を明らかにした研究はみられない。

また、比留間・渡邊 (2017) は、小学生のジャベリックボール投における助走から投げ局面に移行する直前のラストステップ (やり投では、「ラストクロス」であるが左右の足をクロスさせないステップが存在したため「ラストステップ」と定義する) について調査を行ったところ、やり投でみられる右足を左足の前に出す (以下全て右投げの場合) ステップ (フロントクロス) だけでなく、様々なラストステップ (両足を前後にクロスさせないステップ (サイドステップ)、右足を左足の後ろにクロスさせるステップ (バッククロス)、軸足のみで地面を蹴って一歩進むステップ (ホップステップ)、上体を投げる方向に正対したままで、走る動作をしながらのステップ (ランニングステップ) の5種類) がみられたと報告している。したがって、今後、指導方法を立案していく上でそれらのラストステップのタイプと助走速度を関連づけて検討する必要があると考えられるが、これまでそのような研究は行われていない。

さらに、これまでの先行研究において、オーバーハンドスロー能力 (投距離) および動作には幼児期から成人に至るまで、男女差が認められることが報告されている (尾縣, 1998)。また、ジャベリックボール投げの延長に位置付けられているやり投げでは、記録に影響を及ぼす動作要因に、体格や筋力、弛緩性といった身体的な性差に起因する男女差が存在することが明らかにされており (瀧川・田内, 2020)、

トレーニングにおいても男女の特徴を考慮した指導の必要性が示唆されている。そのため、助走が投てき距離に及ぼす影響についても性差がみられる可能性がある。仮に違いが認められた場合、男女で異なるコーチングが必要になってくると考えられる。

そこで、本研究では、小学生のジャベリックボール投における助走速度およびラストステップのタイプが投てき距離に及ぼす影響を男女別に明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2.1 対象者

対象者は、第35回全国小学生陸上競技交流大会のコンバインドBジャベリックボール投に出場した男女計93名 (男子46名、女子47名) であった。対象の試技は、大会主催者が発表した公式記録を基に各個人の試技中で最も投てき距離が大きかった試技とした。なお、撮影については日本陸上競技連盟に研究趣旨と内容説明を行い、了承を得た上で実施した。

2.2 分析方法

撮影は、やり投の助走路側方正面スタンド最上段に設置したデジタルビデオカメラ (Panasonic 社製, HC-V480MS) を用いて、60fpsで固定撮影した。撮影範囲は、やり投助走路のスターティングラインの両端および4mマークの両端が入る画角に設定した。

撮影した映像から、先行研究 (有賀・古谷, 1986; 稲垣, 2016) を参考にリリース前の最終的な右足接地 (R-on) の前後10コマの区間における右腸骨稜と左腸骨稜を動作解析ソフト (Frame-DIAS V, DKH 社製) を用いてデジタル化した。その後、稲垣ほか (2016) の先行研究を参考に2次元DLT法によって2次元座標を算出した。本研究では、スターティングラインの両端 (2点) および4mラインの両端 (2点) の計4箇所をキャリブレーションに用い (図1)、キャリブレーションによる測定誤差は0.011m未満であった。なお、2次元座標データは、最適遮断周波数 (3.6-5.2Hz) をWells and Winter (1980) の方法に基づいて決定し、Butterworth Low-Pass Digital Filter を用いて平滑化した。

助走速度は、2次元DLT法で算出した右腸骨稜と左腸骨稜の midpoint の位置座標を時間微分することによって算出し、R-on時の水平方向 (投てき方向) の速度を求めた。また、比留間・渡邊 (2017) の先行研究を参考にラストステップの類型化を行い、そ

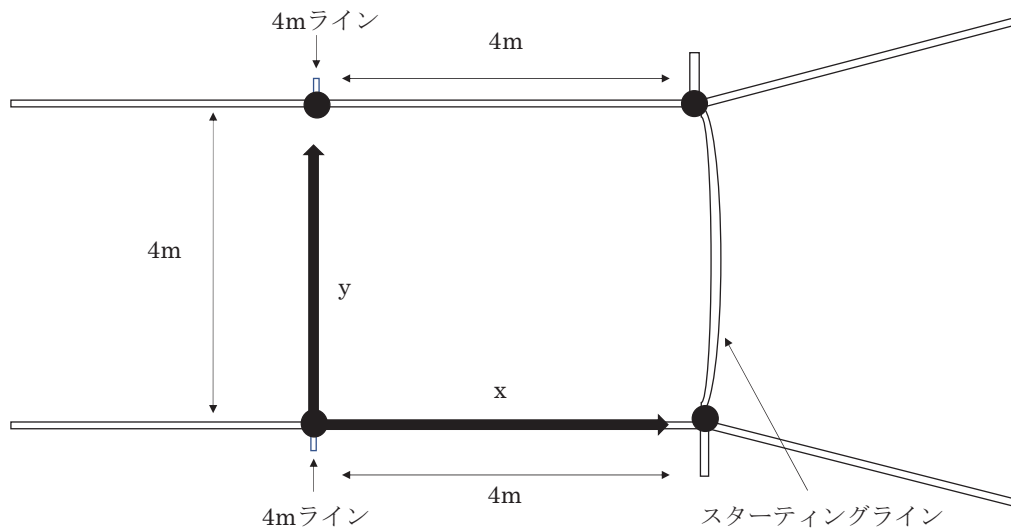


図1 キャリブレーションポイント

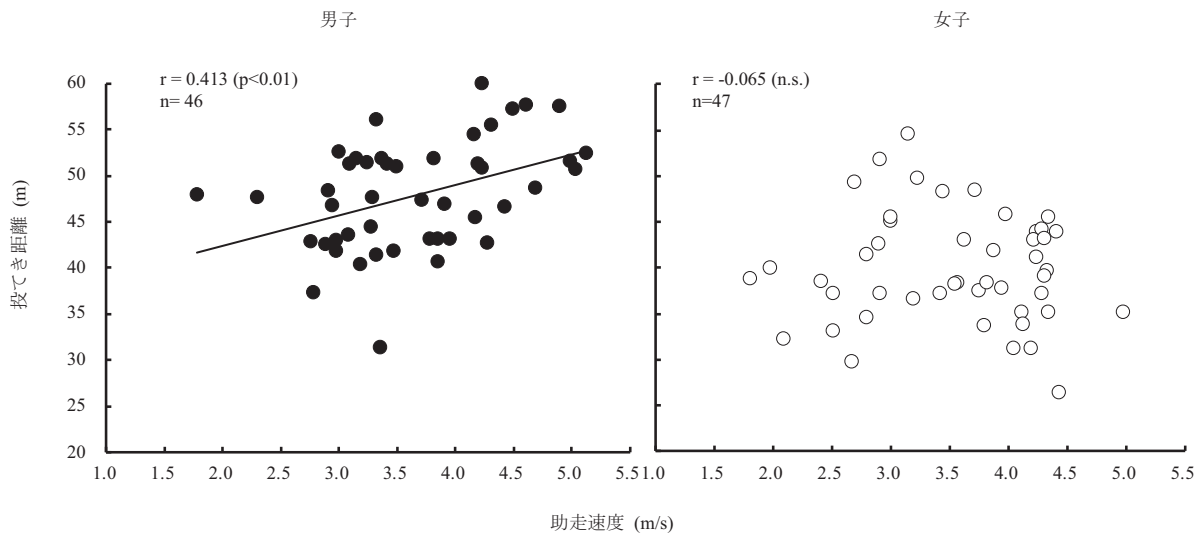


図2 助走速度と投てき距離の関係

それぞれのタイプ別の助走速度を算出した。

なお、本研究では、上述したように先行研究（稲垣，2016）を参考に2次元DLT法を用いて右腸骨稜と左腸骨稜の midpoint の位置座標を算出した。本来、2次元DLT法を用いて地面に接していない部位の座標値を算出するためには、鉛直方向のコントロールポイントを用いたキャリブレーションが必要となる。しかし、本研究は、競技会での撮影であったため、時間的な制約や人員などの関係で鉛直方向のコントロールポイントを用いたキャリブレーションを実施することができなかった。そのため、本研究の手法で得られた奥行き方向（図1，y）の座標値については正確性に欠けると言わざるを得ない。しかし、確立された手法との比較を行なった予備調査^{注)}において、投てき方向（図1，x）の座標値の変化量（移動距離）は、ほぼ同程度であることを確認できた。したがって、本研究では、投てき方向（x）の位置

座標のみを使用し、速度を算出した。

2.3 統計処理

男女間の平均値の比較には、対応のないt検定、ラストステップのタイプ別の平均値の比較には一要因分散分析を用いた。その後、F値が有意であると認められた場合には、Bonferroniの方法を用いて多重比較を行った。また、各変数間の関係性の有無については相関係数をPearsonの方法を用いて算出した。なお、いずれの統計処理においても、有意性は危険率5%未満で判定した。

3. 結果

図2には、助走速度と投てき距離の関係について男女別に示した。男子では有意な正の相関関係が認められた ($r=0.413$, $p<0.01$) が女子では有意な相

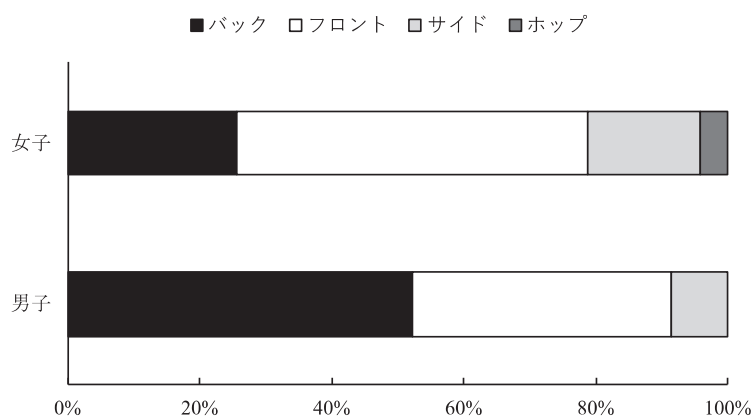


図3 ラストステップのタイプ別における出現率

表1 対象者のパフォーマンスレベル

	バック	フロント	サイド	ホップ	分散分析	多重比較
男子						
投てき距離 (m)	47.55 ± 6.13	49.17 ± 5.55	43.79 ± 5.98	-	n.s.	
助走速度 (m/s)	3.30 ± 0.59	4.27 ± 0.56	3.00 ± 0.15	-	F = 18.3 ***	バック, サイド < フロント
女子						
投てき距離 (m)	39.55 ± 7.84	40.25 ± 4.71	40.00 ± 7.52	35.41 ± 6.18	n.s.	
助走速度 (m/s)	3.14 ± 0.79	3.93 ± 0.51	3.07 ± 0.71	3.02 ± 1.45	F = 6.0**	バック, サイド < フロント

***p < 0.001, **p < 0.01

関関係は認められなかった。

図3には、ラストステップのタイプ別の出現率を示した。男子では、バッククロス (52.1% : 24人)、フロントクロス (39.1% : 18人)、サイドステップ (8.6% : 4人) の順に多く、女子ではフロントクロス (53.1% : 25人)、バッククロス (25.5% : 12人)、サイドステップ (17.0% : 8人)、ホップステップ (4.2% : 2人) の順に多かった。先行研究 (比留間・渡邊, 2017) でみられたランニングステップはいなかった。

表1は、ラストステップのタイプ別にみた投てき距離および助走速度の比較である。分散分析の結果、投てき距離については、男女とも有意差は認められなかったが、助走速度は、男女ともF値が有意であり、多重比較の結果、いずれにおいてもフロントクロスがバッククロスおよびサイドステップよりも大きかった。

図4には、フロントクロスステップおよびバッククロスステップを用いて投てきする者の助走速度と投てき距離の関係を示した。男子のフロントクロスのみ有意な正の相関関係が認められた ($r=0.614$,

$p<0.01$)。

4. 考察

4.1 助走速度と投てき距離の関係

投てき距離と助走速度の関係は、男子では有意な正の相関関係が認められたが、女子では有意な相関関係は認められなかった。マイネル・シュナーベル (1991) は、助走を伴う投動作は特に女子にとっては難しく、習得するためには多くの練習を要することを指摘している。また、女子の場合は、助走を用いたボール投げにおいて投距離の増大に加齢的な発達傾向は認められなかったと報告されている (奥野ほか, 1989)。したがって、全国大会出場者の小学生においても女子は、助走と投動作の連結能力 (マイネル・シュナーベル, 1991) が未熟な者が多かったため、助走速度を生かした投てきが困難であったと推察される。

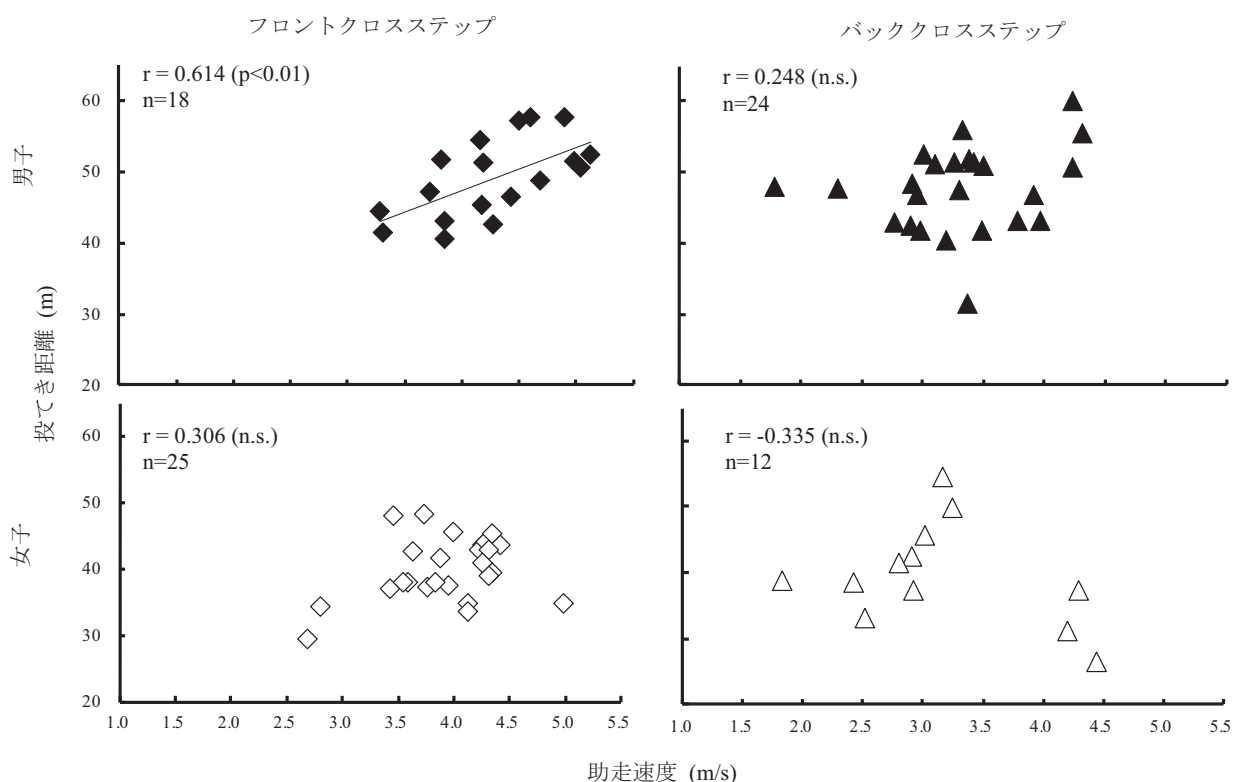


図4 フロントクロスステップおよびバッククロスステップで投てきする対象者の助走速度と投てき距離の関係

4.2 ラストステップのタイプ別にみた助走速度と投てき距離の関係

ジャベリックボール投におけるラストステップの類型化を行なった先行研究(比留間・渡邊, 2017)によると, ラストステップのタイプは, 男子では3種類, 女子では5種類に分類できると報告されている。本研究においても, 先行研究に示されている男子3種類(フロントクロスステップ, バッククロスステップ, サイドステップ), 女子4種類(男子の3種類+ホップステップ)を確認することができた(図4)。また, 男子ではバッククロス, 女子ではフロントクロスの割合が高かったことも先行研究と同様であった。

その中で, ラストステップのタイプ別の助走速度と投てき距離との関係を見ると, 男子のフロントクロスのみ有意な正の相関関係が認められた。フロントクロスはやり投のラストクロスで用いられるステップであり, 競技会に出場するすべてのやり投選手が利用している。そのため, 自明とも言えるが助走速度を高め, それを投てき物に変換するためには, 合理的なステップであるといえるだろう。その一方, 女子においては, いずれのステップのタイプに関わらず有意な相関関係は認められなかった。したがって, 女子は, 助走速度を有効に利用できた者とそうでない者が存在していたことが考えられ, 対象者間

で投てき技術の個人差が大きかったと推察される。

バッククロスは, 男子においてその割合が高く, 男女とも最も投てき距離が大きかった者(男子 59.93m, 女子 54.46m)が使用していたステップである。しかし, 助走速度と投てき距離との間に有意な相関が認められなかった。このことから, バッククロスは助走速度を生かして投げる際に用いるステップとしては, 適さない可能性がある。先行研究(比留間・渡邊, 2017; 比留間ほか, 2019)によると, 小学生のジャベリックボール投, 中学生のジャベリックスローおよび小学生から成人までのオーバーハンドスローにおいて, バッククロスは記録の大きかった者が使用している割合が高いことが報告されている。このバッククロスは, オーバーハンドスローを多用する野球やソフトボールの経験者が主に使用することが報告されており(比留間ほか, 2019), 上体だけでなく, 腰を回転させるために有効なステップであるため, 高い技能が必要であると指摘されている(荒井・山西, 2003)。また, ジャベリックボール投におけるリリースパラメータが飛距離に及ぼす影響について検討した研究(前田, 2019)では, ジャベリックボールがヤリのような棒状の投てき物というよりも, ソフトボールのような球体の投てき物と認識され扱われている可能性を指摘している。本研究のデータからは, やり投でみられるフロントクロス

よりもバッククロスの方が助走速度が有意に小さいことが認められている(表1)。加えて、バッククロスで投てきする者は、助走速度と投てき距離との間に有意な相関が認められなかった(図4)。したがって、オーバーハンドスローの経験が比較的豊富な者がバッククロスを利用して、ボールに近い感覚で投てきを行っていた可能性が考えられる。そのため、投動作の技術の習熟度合いが直接投てき距離に影響していたと推察される。

これらのことから、バッククロスを利用する場合は、やり投とは異なり助走速度の大きさや助走速度で獲得したエネルギーを投てき物に変換する能力が、必ずしも投てき距離の向上に影響を及ぼさない可能性が示唆された。また、バッククロスでは、助走速度を維持したまま投動作に移行することが困難であった可能性も考えられるが、この点については、本研究で明らかにすることはできないので今後の検討課題とする。

以上のことから、特に男子においては、ラストステップのタイプの相違が助走速度に影響を及ぼし、その結果として投てき距離にも影響を及ぼすことが示された。

4.3 実践への示唆

男子において最も割合が高く、男女の最高記録者が利用していたバッククロスは、ボールを遠くに投げるために必要なステップとして扱われており(高橋ほか, 2010; 尾懸ほか, 1996)、実際にボールを遠くに投げる者はバッククロスを利用していることが報告されている(比留間ほか, 2019)。これらのことと、バッククロスでは助走速度と投てき距離との間に有意な相関関係が認められないという本研究の結果を合わせると、助走速度を高めなくてもボールを遠くに投げる要領でジャベボールを遠くに投げるができると考えられる。しかし、ジャベリックボール投をやり投の導入種目として位置付けるのであれば、バッククロスを用いるのではなく、助走速度を生かすことができるフロントクロスを利用することが望ましいと考えられる。

その一方で、遠くに投げることの喜びを味わわせたり、体幹のひねりを使った大きな投動作を身につけさせるためには、バッククロスを利用することも否定されることではないと考えられる。その際は、フロントクロスを利用する場合よりも助走距離を短くすることや助走速度を無理に上げることのないようにすることが必要になってくると予想される。これらのことから、指導の際は、それぞれのラストス

テップの特性を理解した上で選手の実態に沿った指導方法を考えていく必要があるだろう。

また、前述した通り女子では、助走速度と投てき距離との間に有意な相関関係が認められなかったため、助走速度を投てきに生かすことは難しい技術であった可能性が考えられる。このことから、小学生を対象とした女子のジャベリックボール投げにおいては、15mの助走距離を全て使用したり助走速度を上げるといった指導は適切ではない可能性も視野に入れる必要があるだろう。さらに、投動作は幼児期から成人に至るまで男女差が認められ、男子の方が習熟した動作であることが報告されている(桜井, 1992)。そのため、本研究における女子の場合も、投動作そのものが男子と比べて未熟であった可能性は否定できない。そのような場合、助走を用いて投げることはさらに難しい運動になると考えられる。

以上のことから、女子においては、助走速度を高めたとしても、必ずしもボールの飛距離に繋がられる投動作を獲得していなかった者が多く存在していたと考えられた。すなわち、助走速度と投てき距離との関係が男女で異なる要因は、体格や筋量の相違といった身体的な性差に起因する男女差ではなく、投運動の経験による差であると推測された。そのため、助走を生かした投げに至るまで、男子よりも時間を要する可能性があることを考慮する必要がある。加えて、投動作の習熟度を把握し、投動作そのものの練習を増やすことや試合および練習において男子よりも短い助走距離を用いることも有効であると考えられた。

5. まとめ

本研究では、小学生のジャベリックボール投におけるラストステップのタイプが助走速度と投てき距離に及ぼす影響を男女別に明らかにすることを目的とした。主な結果は以下の通りである。

1. 投てき距離と助走速度の関係は、男子では有意な相関が認められたが、女子では有意な相関は認められなかった。
2. ラストステップのタイプ別に投てき距離および助走速度を比較したところ、男女共、投てき距離に有意な差は認められなかったが、助走速度では統計的に有意な差が認められ、バッククロスおよびサイドステップよりもフロントクロスステップの方が有意に高かった。
3. フロントクロスステップおよびバッククロスステップにおける投てき距離と助走速度の関係

は、男子のフロントクロスのみ有意な相関が認められた。

以上のことから、小学生のジャベリックボール投における助走速度と投てき距離には、ラストステップの特性や投動作の習熟が影響を及ぼしていることが明らかになった。したがって、指導の際には、これらを考慮した上で、練習方法や指導方法を立案していく必要がある。

注) 予備調査は、体育館において成人男性1名を対象に15mの助走からのジャベリックボール投げを6回実施させ、本研究で用いた手法(手法1)と2次元4点実長換算(手法2)の2つの手法を用いてリリース前の最終的な右足接地時(R-on)の腰部(左右の腸骨稜の midpoint)の水平(投てき)方向の速度を算出した。スターティングラインの両端とそこから投てき方向とは反対方向の4m地点にキャリブレーションマーカーを設置(計4点)し、手法1ではカメラを助走路右側方の体育館2階ギャラリーに設置、手法2では、助走路右側方30m地点に設置して撮影(いずれも60fps)した。その後、2次元DLT法(手法1)、2次元4点実長換算(手法2)を用いて2次元座標を算出した。

その結果、手法1と手法2を用いて算出した全6投におけるR-on時の腰速度(水平方向)の差の範囲は-0.17~0.14(m/s)であった。この値の大きさを判断する資料は持ち合わせていないが、デジタルによる若干の誤差も踏まえると手法1と2の差は概ね許容できる範囲内であると考えられる。

なお、実施場所は、前述のように競技場ではなく体育館で実施したため、手法2のカメラ設置位置(建物の2階相当)は、論文内のカメラ設置位置(凡そ8階相当)とは大きく異なる。但し、2次元DLT法ではカメラの光軸と平面とのなす角度が小さいとデジタルの際に混入する誤差が大きくなるが、予備調査よりも実際の撮影の方がカメラを高い位置に設置できたため、より誤差は少ないと考えられる。

参考文献

新井利治, 山西哲朗(2003)小学生の投動作における動きの組み合わせ(走+投)について. 日本体育学会第54回大会号, p. 522.
有賀誠司, 古谷嘉邦(1986)槍投げの助走速度に関する実験的研究. 東海大学紀要 体育学部, 16: 79-92
比留間浩介, 渡邊信晃(2017)ジャベリックボー

ル投およびジャベリックスローにおける助走とラストクロスの実態. 陸上競技研究, 第111号: 10-17
比留間浩介, 渡邊信晃, 森健一(2019)オーバーハンドスローにけるステップの類型化とその特徴に関する横断的研究. 陸上競技学会誌, 17(1): 19-39.
稲垣裕太, 佐藤真太郎, 只隈伸也, 琉子友男, 川本竜史(2016)男子やり投選手のやり水平初速度に対する助走の貢献度. トレーニング科学, 27(3): 67-74.
前田正登(2019)やり投げ系種目としてのジャベリックボール投げにおけるリリースパラメータが飛距離に及ぼす影響. 体育学研究, 64(2): 749-760.
マイネル, シュナーベル: 綿引勝美訳(1991)動作学-スポーツ運動学: スポーツ運動の教育学的な理論序説. 新体育社.
Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P. V. and Ito, A. (2006) Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. New Studies in Athletics, 21: 67-80.
日本陸上競技連盟(2015)全国普及育成担当者会議配布資料. 24-28.
日本陸上競技連盟(2016)ジャベリックボール投指導動画. <https://youtu.be/7bweL-s0fC0>(閲覧日: 2022年7月10日)
尾縣貢, 関岡康雄, 飯田稔(1996)成人女性における投能力向上の可能性. 体育学研究, 41(1): 11-22.
尾縣貢(1998)オーバーハンドスロー能力・動作の発達とトレーニング. いばらき健康・スポーツ科学, 16: 1-6.
奥野暢通, 後藤幸弘, 辻野昭(1989)投運動学習の適時期に関する研究: 小・中学生のオーバーハンドスローの練習効果から. スポーツ教育学研究, 9(1): 23-35.
桜井伸二(1992)投げる科学. 大修館書店.
高橋健夫, 松本格之祐, 尾縣貢, 高木英樹編(2010)すべての子どもが必ずできる体育の基本. 学研教育みらい, pp. 106-107.
瀧川寛子, 田内健二(2020)やり投げの投てき記録に影響を及ぼす動作要因における男女差の検討. 体育学研究, 65: 595-606
田内健二, 藤田善也, 遠藤俊典(2012)男子やり投げにおける投てき動作の評価基準. バイオメ

カニクス研究, 16(1) : 2-11.

Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980)
Assessment of signal and noise in the
kinematics of normal, pathological and
sporting gaits. In: Human Locomotion 1
(Proceedings of the first biannual conference
of the Canadian Society of Biomechanics),
92-93.

渡辺靖庸, 杉山喜一, 佐藤和 (2006) 遠投におけ
る助走の有効性 (第1報). 北海道教育大学紀要
自然科学編, 55(2) : 13-18.