

三段跳における助走歩数が跳躍パフォーマンスに及ぼす影響: 単一事例による実験的検討

濱中良¹⁾, 永原隆³⁾, 松尾彰文³⁾, 小森大輔³⁾, 加藤忠彦¹⁾, 近藤亮介²⁾, 金高宏文³⁾

¹⁾鹿屋体育大学大学院

²⁾神戸大学大学院

³⁾鹿屋体育大学

キーワード: 助走歩数, 地面反力, 折曲点, 折れ線回帰分析, 跳躍練習

【要 旨】

本研究は、三段跳における異なる助走歩数による跳躍練習のための基礎資料を得ることを目的とした。そのために、大学男子三段跳競技者一人を対象に、助走歩数を 2 歩から 18 歩まで段階的に伸ばす際に、助走速度ならびにホップ・ステップ・ジャンプの跳躍パフォーマンスとそれに影響する変数(跳躍距離, 支持時間, 速度, 地面反力, 力積)がどのように変化するかについて、50m にわたり連続的に計測が可能な圧力板走行路を用いて検証した。また、折れ線回帰分析を用いて、助走歩数と跳躍パフォーマンスとの関係性の変化がどの歩数で生じるかについて検討した。

その結果、助走歩数を増加させていく三段跳の跳躍練習では以下の点に留意して行うとよいと考えられた。

- ① 助走歩数 8 歩(約 15m) 以下の場合と 12 歩(約 25m) 以上場合における助走歩数の増減の影響がキネマティック変数で大きく異なる。
- ② 助走歩数 8 歩(約 15m) 以下の場合、助走歩数の増減で跳躍パフォーマンスの変数が大きく変動することに注意して行うべきであろう。
- ③ 12 歩(約 25m) 以上場合では助走歩数の増減で全助走と大きな差異が生じないことを理解し、練習の目的や体調に応じて活用するとよいであろう。
- ④ ステップ、ジャンプの踏切における水平速度の減少を最小限にできるように動作することを重視し、身体を鉛直に加速し持ち上げることに余り留意しないでよい可能性がある。

スポーツパフォーマンス研究, 9, 512-527, 2017 年, 受付日: 2017 年 4 月 30 日, 受理日: 2017 年 11 月 22 日

責任著者: 金高宏文 891-2393 鹿屋体育大学 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番地 kintaka@nifs-k.ac.jp

Influence of the number of steps in the approach run on performance in the triple jump: Analysis of a single case

Ryo Hamanaka¹⁾, Ryu Nagahara³⁾, Akifumi Matsuo³⁾, Daisuke Komori³⁾ Tadahiko Kato¹⁾,
Ryosuke Kondo²⁾, Hirofumi Kintaka³⁾

¹⁾Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ Graduate School, Kobe University

³⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: number of steps in triple-jump approach run, ground reaction force, critical point, linear regression analysis, practice for the triple jump

【Abstract】

The present study examined the influence of the number of steps in the approach run on performance of the triple jump. The participant was a university male triple jumper. His jumping performance was measured by a pressure running board that could measure continuous performance over 50 meters. The measures obtained were the speed of the approach run, his hop, step, and jump performance, changes in the distance jumped, his holding time, speed, ground reaction force, and impulse force, when the number of steps in the approach run was gradually increased from 2 to 18. Linear regression analysis was used to find the number of steps for which the relation between the length of the approach run and his jump performance became critical. The results suggest that the following points should be taken into account when practice for the triple jump includes a gradual increase in the number of steps in the approach run:

- 1) The influence of the number of steps depends very much on the kinematic variable when the number of steps is fewer than 8 (approximately 15 meters) or more than 12 (approximately 25 meters).
- 2) When the number of steps is 8 or fewer, the variability of the jump performance will change greatly in relation to the number of steps.
- 3) When the number of steps is 12 or more, there is not much difference due to the number of steps compared to a full-length approach.
- 4) Reduction of the horizontal speed must be minimized at the take-off of the step and the jump, and it may not be necessary to raise the body vertically by acceleration.

I. 研究の背景と目的

三段跳は、陸上競技の跳躍種目であり、助走からホップ・ステップ(スキップ)・ジャンプと三回跳躍し、その距離を競う競技である(岡野, 1989). ホップとステップの踏み切りは、同側の片脚で踏み切り、ジャンプはそれとは反対側の片脚で踏み切る運動である. 例えば、ホップを右脚で踏み切った競技者は、ステップでも右脚で踏み切り、ジャンプでは左脚で踏み切る. 三段跳のステップにおける踏み切り局面では体重の 7-12 倍(Ramey, 1985), 14-22.4 倍(Amadio, 1985)もの地面反力が生じるとされている. それゆえ、三段跳は、陸上競技種目の中で特に踏み切時に大きな地面反力が生じる運動で、身体に大きな衝撃が作用する種目である. そのため、三段跳は特に踵部を挫傷しやすい種目と指摘されている(Bahr and Maehlum, 2004).

三段跳の専門的技術トレーニングにおいては、技術の習熟度や目的に応じて、試合時の助走歩数よりも少ない助走歩数を用いた跳躍練習が一般的に用いられている(ベルホジャンスキー, 1962 ; 岡野, 1994). 表 1 に示すように三段跳の場合、競技レベルにもよるが、全助走は概ね 17 歩以上の助走で、短助走跳躍練習では 5-9 歩、中助走練習跳躍練習では 10-15 歩の助走が用いられている(帖佐, 1984; 桜井, 1981; 村木, 1982; 岡野, 1989; 吉田, 2011). 試合同様の全助走での三段跳の跳躍練習は、ステップでの身体への衝撃や負荷が非常に大きいため、踵部挫傷のリスクが高く、試行数が限られる. そこで、三段跳の跳躍練習では、短・中助走跳躍を用いて、身体への衝撃や負荷を低く抑えながら、試行数を増やし、技術課題の解決が図られている. 特に、短助走跳躍練習は助走速度が遅く、三段跳の基礎的な技術(腕やリード・レッグの使い方)が習得しやすいと考えられている(村木, 1982). 筆者も踵部挫傷からの競技復帰の過程では、長い助走を用いた跳躍練習を行うことは怪我の再発リスクが高いと感じ、6 歩程度の短助走で跳躍練習を行っていた. 村木(1982)は、三段跳において 17 歩以上で行われる全助走跳躍は、時間的・空間的なリズムやタイミングにおいて、7 歩以内で行われる短助走跳躍との差が著しく異なることや、短助走跳躍の記録の向上が、必ずしも試合で用いる全助走での跳躍の記録を保証するとは言えないことを経験的に指摘している.

表 1. 先行文献による助走歩数の区分け

著者・出典等	対象	距離/ 歩数	全助走	準全助走	中助走	短助走
桜井(1981)	高校生	歩数				15m
村木 (1982)	全般	距離	30-35m	25-30m	20-25m	10-15m
		歩数	17歩以上	14-16歩	10-11歩	5-7歩
帖佐(1984)	14歳	歩数				5-7歩
	15歳					7-9歩
	16歳					9-13歩
	17歳				11-15歩	
	18歳		17-23歩			
岡野(1989)	中学/ 高校	距離			20-25m	12-15m
		歩数			12-15歩	7-8歩
沢田(1990)	全般	歩数			9-11又は 13-15歩	5-7歩
尾縣(1990)	全般	歩数				8-10歩
岡野(1994)	全般	距離	32-35m		20-25m	15m程度
		歩数			12-15歩	7-8歩
吉田 (2013)	全般	歩数			10-14歩	6-8歩

しかし、経験的に指摘はされているものの、短助走から全助走まで助走歩数を段階的に変化させた際の三段跳の助走速度ならびにホップ・ステップ・ジャンプの跳躍パフォーマンスとそれに影響する変数(跳躍距離, 支持時間, 速度, 地面反力, 力積)を客観的に明らかにした研究は僅かである(田中, 1979). 効果的に跳躍練習を進めるためには、課題に即した適切な助走歩数を選択する必要がある、助走歩数の変化に伴う助走速度等の変化傾向を理解することは有益と考えられる. 特に、変化傾向が大きく変わる点の把握は、その助走歩数前後での跳躍練習の質が異なると考えられ、重要な情報といえる.

そこで本研究では、三段跳における異なる助走歩数による跳躍練習のための基礎資料を実験的に得るために、大学男子三段跳競技者 1 人を対象に、助走歩数を 2 歩から 18 歩まで段階的に伸ばした際、助走速度ならびにホップ・ステップ・ジャンプの跳躍パフォーマンスとそれに影響する変数(跳躍距離, 支持時間, 速度, 地面反力, 力積)を観察することを目的とした.

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属する男子三段跳競技者 1 名(年齢:26 歳, 身長:1.82m, 体重:77.1kg, 三段跳の自己記録:15.48m, 競技経験年数 10 年)とした. 被験者の条件として、①17 歩以上の全助走での跳躍が可能であること、②短助走から全助走までの跳躍練習で、ステップの跳躍比率が極端に小さくならないで、ホップ・ステップ・ジャンプの跳躍距離をバランスよく実施できること、③競技レベルが日本国内で上位に属し、三段跳技能が安定していると考えられる日本ランキング 50 位以上(15.47m, 2017 年度)の競技記録を有するものとした. 被験者の最大走速度は、9.35m/s であった. これは、短距離走や跳躍種目のコントロールテストで用いられる 20m 助走付の 30m 区間タイム 3.21 秒(光電管による計測)より算出した. 100m 走のタイムに換算すると 11.54 秒に相当する(金原, 1997).

なお、本研究は、鹿屋体育大学倫理委員会の承認(承認番号:6-46 号)を得たうえで実施され、被験者に対して実験の要旨、危険性などに関して事前に説明を行い、実験参加についての同意を書面にて得た.

2. 実験試技および測定状況

三段跳の実験試技は、実際の跳躍練習を想定して助走歩数を 2 歩から 18 歩まで 2 歩ずつ段階的に伸ばして行い、三段跳専用のスパイクシューズを着用させて行った. ただし、測定は屋内実験走路で行ったため砂場がなく、ジャンプの着地箇所には高さ 50cm のウレタンマットを設置して行った(図 1). 2-6 歩助走試技は各 3 試行、8-18 歩助走試技は各 2 試行とし、2 歩から 4 歩、6 歩と順に実施した. 2-6 歩までを各 3 試行としたのは、通常の跳躍練習で用いない助走歩数のためデータが安定しないことを考慮して 1 試行を加えた. なお、被験者の通常の 1 回の技術トレーニングでは 20-30 本程度の跳躍練習を行っているため、本実験試技の 21 本は実施可能な範囲な本数と考えられる. 試行間は、被験者が十分に力を発揮できるように十分な休息(3~10 分)を確保し、実施した.

測定は、鹿屋体育大学スポーツパフォーマンス研究棟にて、表面にウレタンが敷かれた 50m にわたり、連続的に計測が可能な圧力板走行路(以下、50m フォースプレートとする(テック技販社製 TF-90100))を用いて行い、助走の 1 歩ごとおよび三段跳跳躍中の各踏切における前後、左右、鉛直方向の地面反力および圧力中心(center of pressure:COP)位置を 1000Hz で計測した. 計測値は、Butterworth Low-Pass Digital Filter を用いて 100 Hz でノイズを除去した.

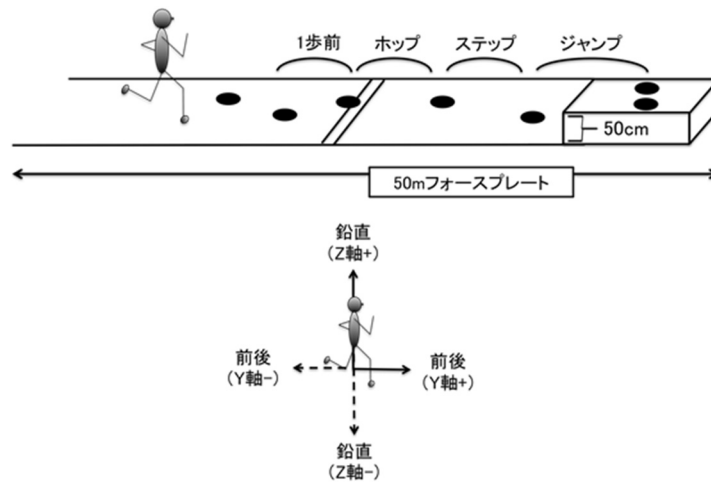


図 1. 実験状況

3. 分析項目

本研究では、助走歩数を2歩から18歩まで段階的に伸ばした、各助走歩数試技における踏切1歩前、ホップ、ステップ、ジャンプについて、以下の変数を算出した。

1) ネマティック項目

- ① 助走および三段跳跳躍中の支持時間: 50m フォースプレートより得られる地面反力の鉛直成分から接地、離地の時刻を取得し、接地から離地時までを支持時間とした。
- ② 助走および三段跳跳躍中のピッチ: 接地時から次の接地時までの時間の逆数をピッチとした。なお、ジャンプのピッチは、着地がマット上のため求めなかった。
- ③ 助走および三段跳跳躍中のストライド・跳躍距離: 50m フォースプレートから得られる接地中の前後方向の COP 位置を基に算出した。接地中の COP 位置の平均値を接地位置とし、接地から次の接地までの前後方向における接地位置間の距離をストライドあるいは跳躍距離とした。なお、ジャンプの跳躍距離は、着地がマット上のため求めなかった。
- ④ 助走および三段跳跳躍中の進行方向平均速度: 助走および三段跳跳躍中の進行方向の平均水平速度を前述のピッチとストライドの積として求めた。なお、ジャンプにおける平均水平速度は、着地がマット上のため算出なかった。
- ⑤ 助走距離: 助走歩数を2歩から18歩まで段階的に伸ばした際の助走距離をメジャーにて測定した。

2) キネティック項目

- ⑥ 助走および三段跳跳躍中の地面反力: 50m フォースプレートより得られる接地中の前後 (Y 軸方向)、鉛直方向 (Z 軸方向) の地面反力 (図 2) から以下の項目について求めた (図 3)。
- ・前後方向の最大ブレーキ力と最大推進力
 - ・鉛直力の第一ピーク、第二ピーク

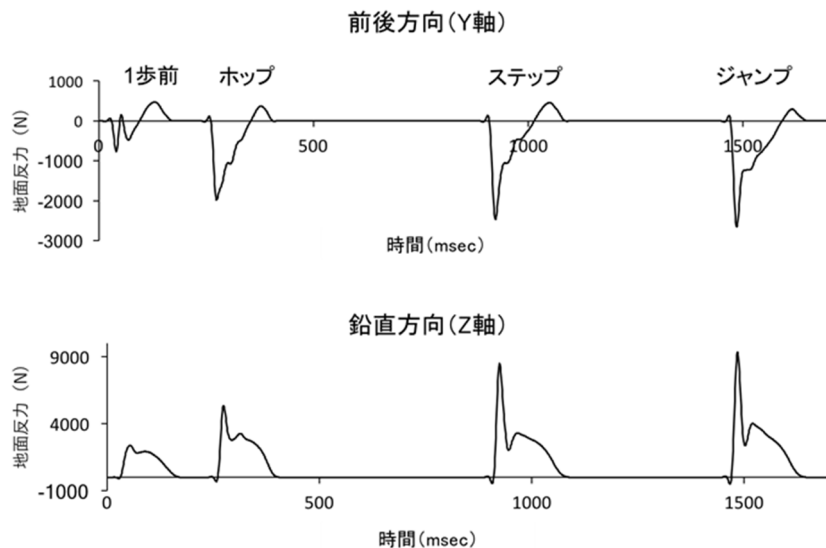


図2. 三段跳踏切1歩前の助走からジャンプまでの地面反力の計測例(6歩助走の場合)

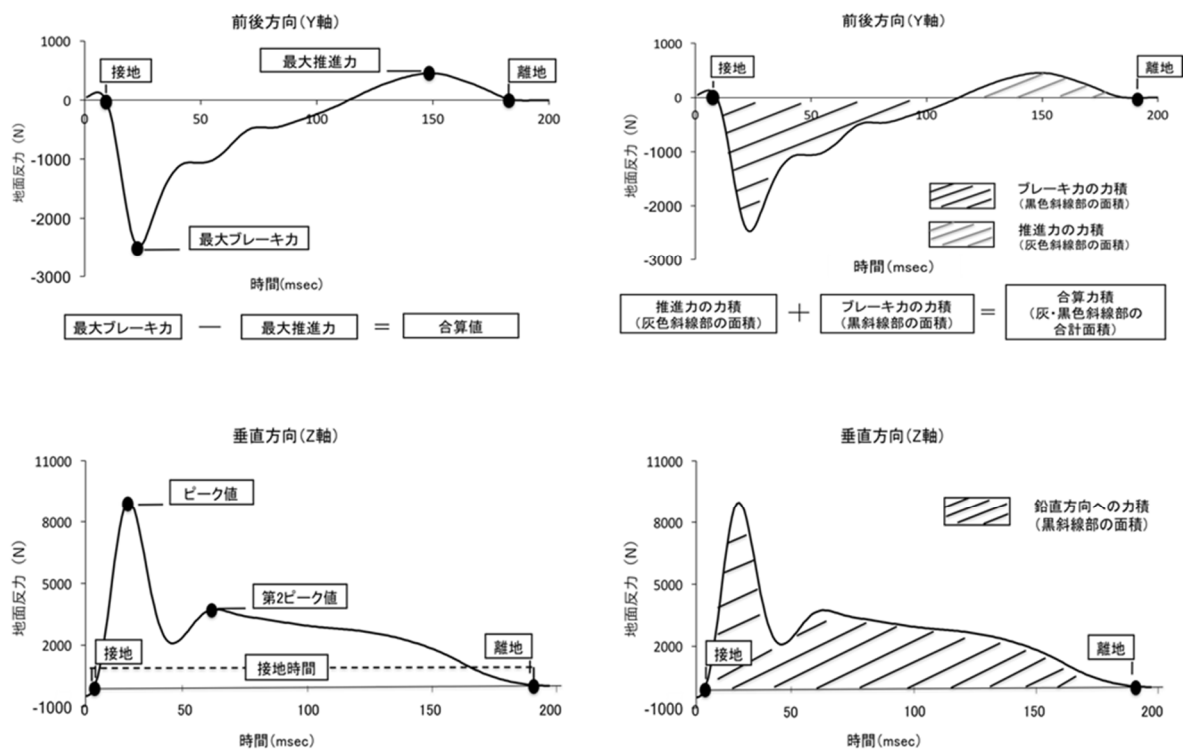


図3. 地面反力の分析項目

- ⑦ 助走および三段跳跳躍中の力積: 50m フォースプレートより得られる接地中の前後(Y 軸方向), 鉛直方向(Z 軸方向)の地面反力データから以下の力積に関する変数を求めた.
- ・ブレーキ方向の力積(図3右上段: 黒色斜線部の面積). 以下, 減速力積とする.
 - ・推進方向の力積(図3右上段: 灰色斜線部の面積)以下, 加速力積とする.
 - ・ブレーキ方向と推進方向の合算力積(図3右上段: 灰・黒色斜線部の合計面積). 以下, 前後正味力積とする.
 - ・鉛直方向の力積

4. 統計処理

本研究では、助走歩数の増加に伴う各測定項目の値の変化傾向の把握は、その助走歩数前後での跳躍練習の質が異なると考えられ、重要な情報といえる。そこで、変化点を捉えるために残差分析による「折れ線回帰分析」(大塚, 1995)を実施した。「折れ線回帰分析」とは、一般的な曲線回帰モデルでは、適切に把握し評価することが難しい変化点(以下、折曲点とする)を推定することができる分析方法である。なお、本研究での解析プログラムは、青木繁伸氏がインターネット上に無償提供しているプログラム「2本の直線による折れ線回帰」を使用した。このプログラムでは、残差平方和が最小となる2本の回帰直線を導き出し、2本の直線の交点を折曲点と推定しているものである。回帰式の算出や相関分析には Excel for Mac 2011 を使用した。

III. 結果

50m フォースプレート(テック技販社製, TF-90100)の前後および鉛直方向の地面反力の計測限界は、それぞれ 3,000N および 10,000N であった。そのため、ステップ、ジャンプ支持期における、鉛直および前後方向の地面反力の一部は、計測ができなかった。具体的には、前後方向の最大ブレーキ力(地面反力)、減速力積、鉛直力の第一ピーク(地面反力)、前後正味力積、鉛直方向の力積について、一部分しか計測できなかった。

以下では、計測できた分析項目の結果について、助走の歩数と分析項目の変化傾向及び折曲点について示す。

1. キネマティック項目の変化傾向

1) 跳躍距離 (図 4)

ホップ、ステップの跳躍距離は、助走歩数の増加に伴って増加傾向を示した。しかし、折曲点がホップ、ホップとステップの合計跳躍距離では 7 歩辺りに認められ、前後の増加傾向が異なっていた。

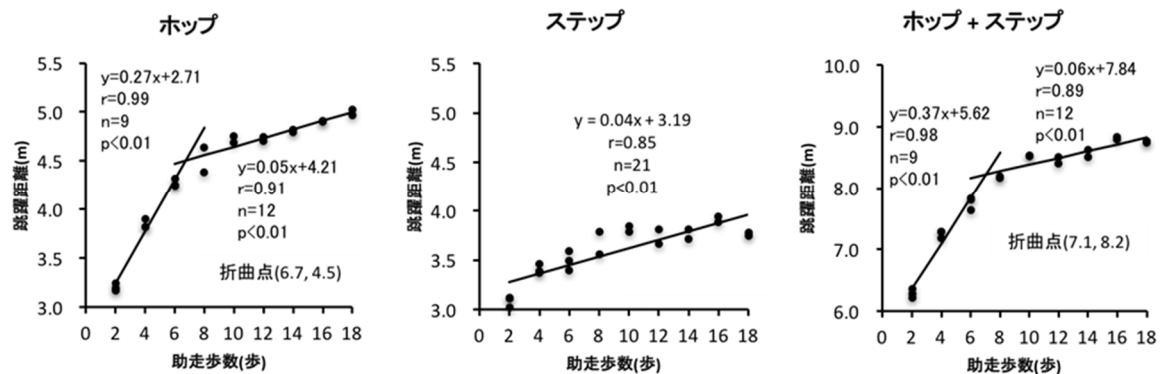


図 4. 助走歩数の変化における各跳躍距離の変化傾向

2) 支持時間 (図 5)

踏切 1 歩前、ホップ、ステップ、ジャンプの支持時間は、助走歩数の増加に伴って減少傾向を示した。しかし、折曲点が踏切 1 歩前で 5 歩辺りに認められ、前後の減少傾向が異なっていた。

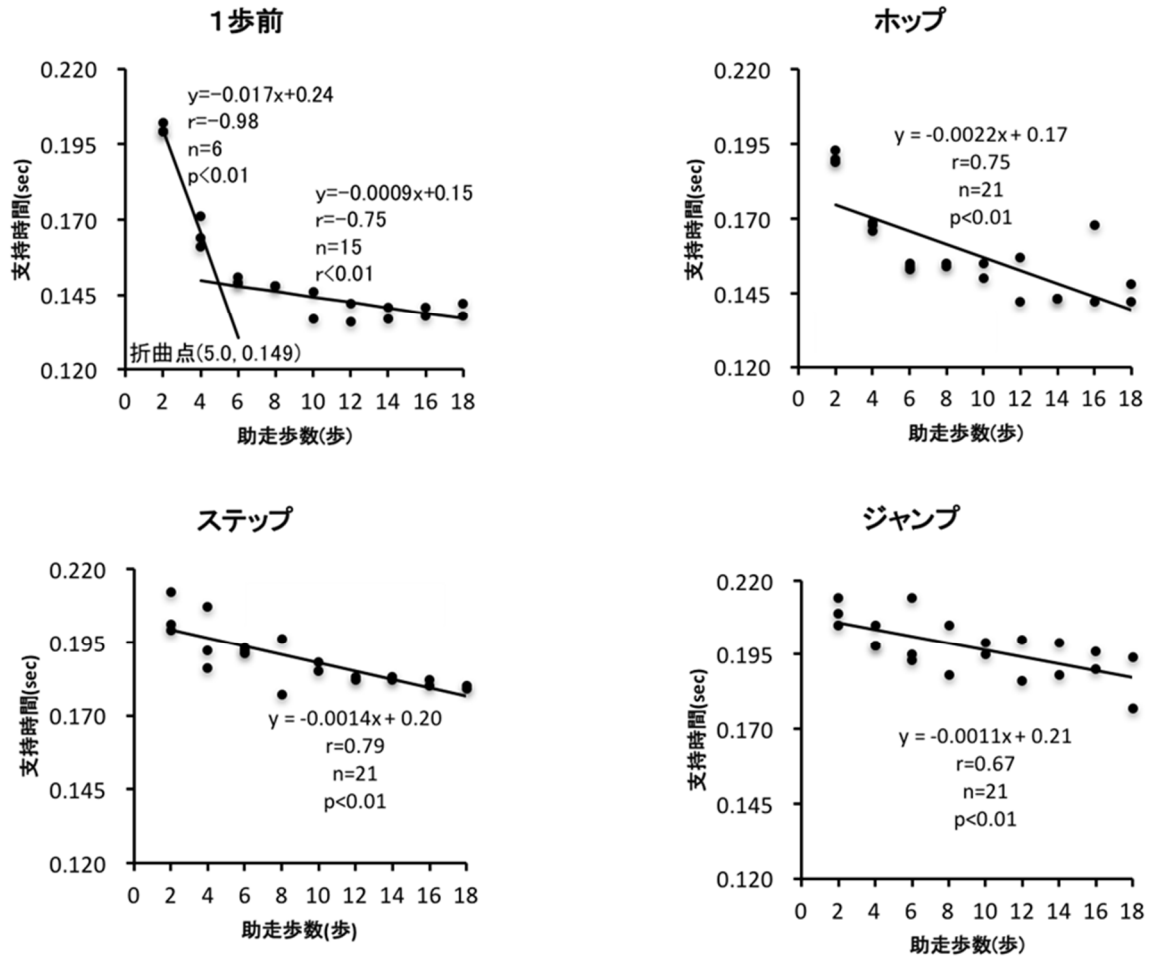


図5. 助走歩数の増加に伴う各支持時間の変化傾向

3) 平均水平速度 (図6)

踏切 1 歩前, ホップ, ステップの平均水平速度は, 助走歩数の増加に伴って増加傾向を示した. しかし, 折曲点が踏切1歩前で7 歩辺り, ホップで5 歩辺り, ステップでは8 歩辺りに認められ, 前後の増加傾向が異なっていた.

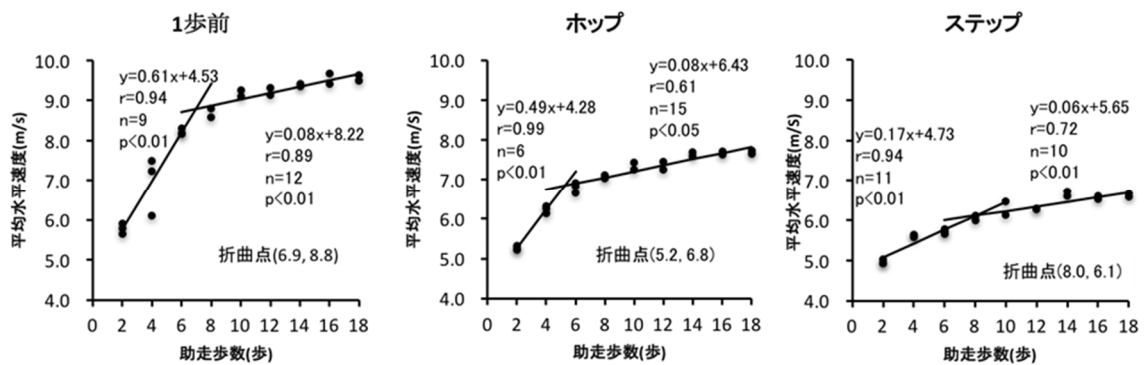


図6. 助走歩数の増加に伴う各速度の変化傾向

4) 助走距離 (図 7)

2-18 歩までの助走距離は, 図 7 の通りであった。

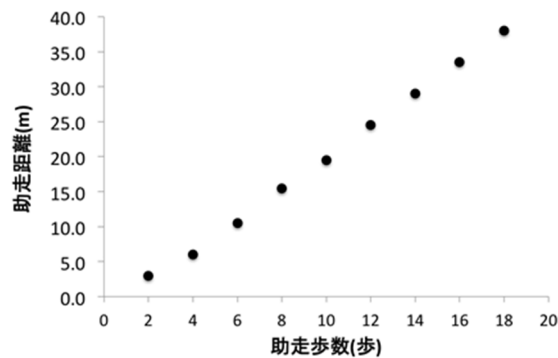


図 7. 本被験者における各助走歩数と助走距離との関係

2. キネティック項目の変化傾向

1) 前後方向の最大ブレーキ力 (図 8)

ホップ, ステップ, ジャンプの最大ブレーキ力は, 助走歩数の増加に伴って増加傾向(マイナス値の増大)を示した。しかし, 折曲点がホップで 11 歩辺りに認められ, 前後の減少傾向が異なっていた。なお, ステップ, ジャンプの 8 歩以降において計測限界に達したため, 計測できていない。

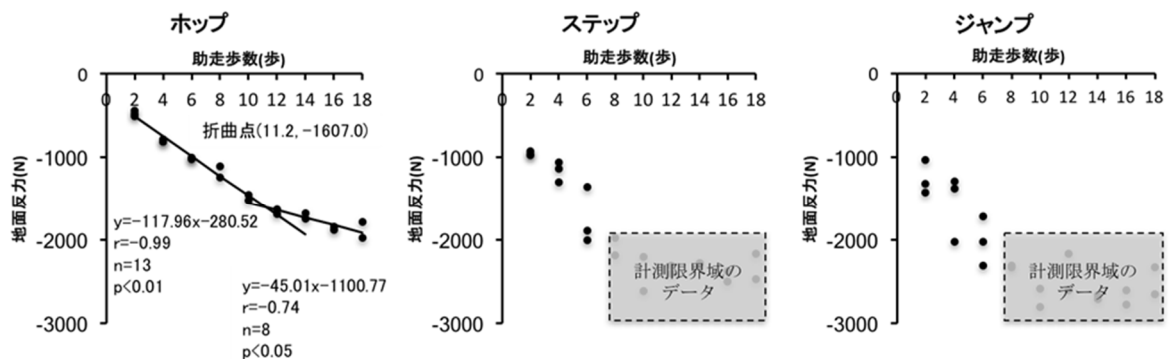


図 8. 助走歩数の増加に伴う前後方向の最大ブレーキ力の変化傾向

2) 前後方向の最大推進力 (図 9)

各跳躍における前後方向の最大推進力の折曲点は見られず, 最大推進力はホップにおいては助走歩数の増加に伴って微減傾向を示し, ステップとジャンプにおいては微増傾向を示した。

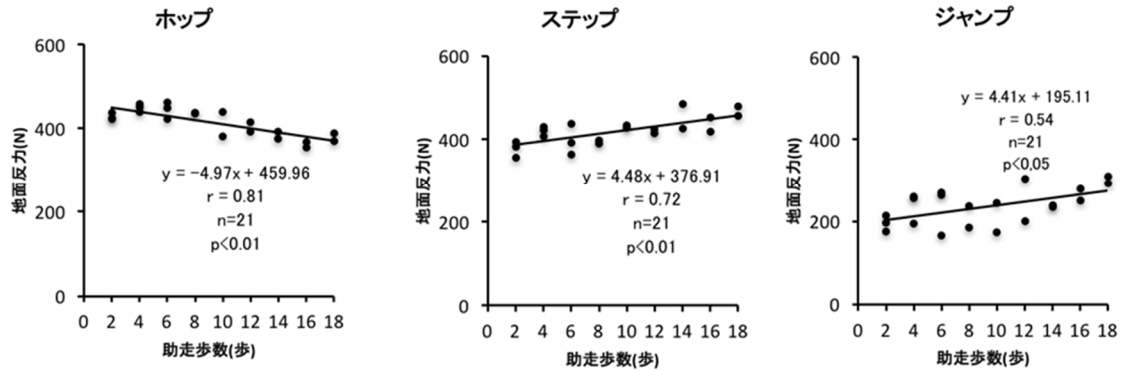


図 9. 助走歩数の増加に伴う前後方向の最大推進力の変化傾向

3) 鉛直力の第一ピーク (図 10)

ホップ、ステップ、ジャンプの鉛直力の第一ピークは、助走歩数の増加に伴って増加傾向を示した。しかし、折曲点がホップで 10 歩辺りに認められ、前後の増加傾向が異なっていた。なお、ステップの 6 歩以降、ジャンプの 8 歩以降において計測限界に達したため、計測できていない。

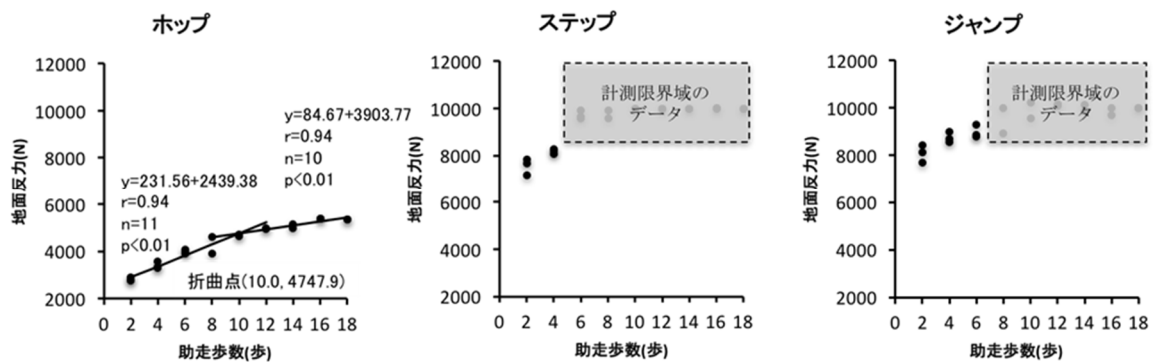


図 10. 助走歩数の増加に伴う鉛直力の第一ピークの変化傾向

4) 鉛直力の第二ピーク (図 11)

鉛直力の第二ピークは、ホップにおいて助走歩数の増加に伴って増加傾向を示したが、ステップで減少傾向、ジャンプでは維持傾向を示した。しかし、折曲点がホップで 5 歩辺りに認められ、前後の増加傾向が異なっていた。

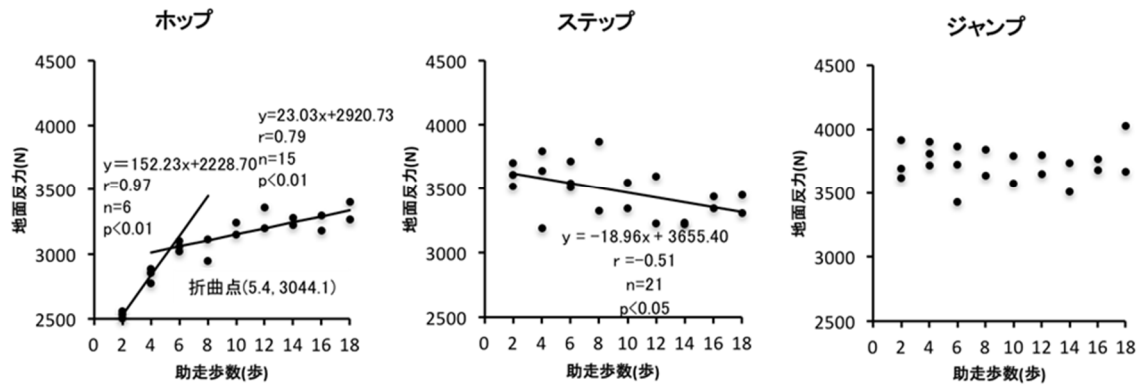


図 11. 助走歩数の増加に伴う鉛直力の第二ピークの変化傾向

5) ブレーキ方向の力積(減速力積) (図 12)

ホップ、ステップの減速力積は、助走歩数の増加に伴って増加傾向(マイナス値の増大)を示したが、ジャンプでは傾向が認められなかった。しかし、折曲点がホップで 7 歩辺りに認められ、前後の増加傾向が異なっていた。なお、ステップ、ジャンプの 8 歩以降において計測限界に達したため、計測できていない。

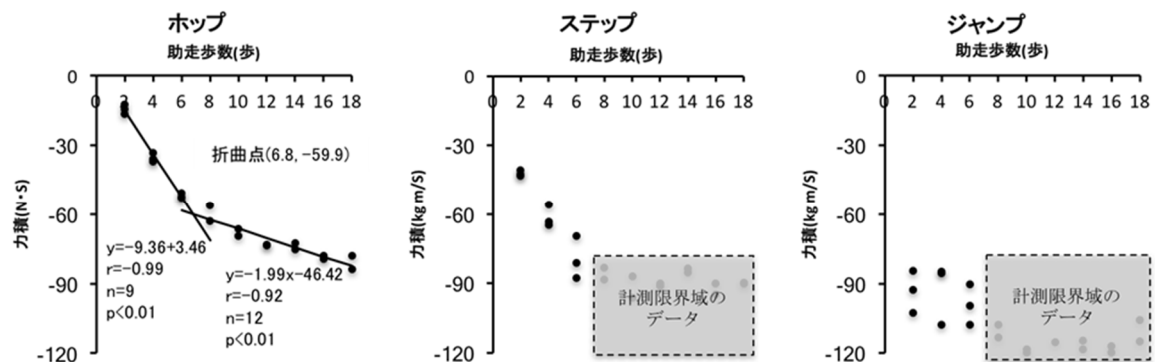


図 12. 助走歩数の増加に伴うブレーキ方向の力積(減速力積)の変化傾向

6) 推進方向の力積(加速力積) (図 13)

加速力積は、ホップにおいて助走歩数の増加に伴って減少傾向を示したが、ステップ、ジャンプでは維持傾向を示した。しかし、折曲点がホップで 5 歩辺りに認められ、前後の増加傾向が異なっていた。

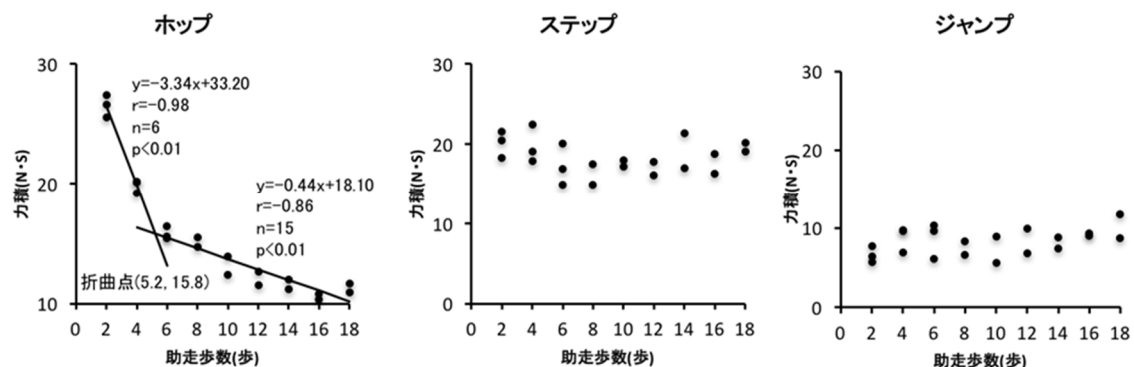


図 13. 助走歩数の増加に伴う推進方向の力積(加速力積)の変化傾向

7) ブレーキ方向と推進方向の合算力積(前後正味力積) (図 14)

ホップ、ステップの前後正味力積は、助走歩数の増加に伴って増大傾向(マイナス値の増大)を示したが、ジャンプでは傾向が認められなかった。しかし、折曲点がホップで 7 歩辺りに認められ、前後の増加傾向が異なっていた。なお、ステップ、ジャンプの 8 歩以降において計測限界に達したため、計測できていない。

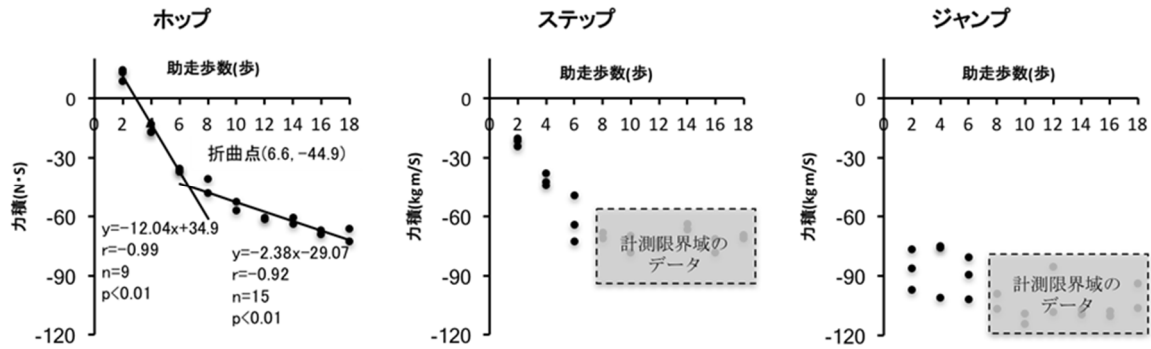


図 14. 助走歩数の増加に伴うブレーキ方向と推進方向の合算力積
(前後正味力積)の変化傾向

8) 鉛直方向の力積 (図 15)

各跳躍における鉛直力積の折曲点は見られず、助走歩数の増加に伴って維持傾向を示した。なお、ステップ、ジャンプの 8 歩以降において計測限界に達したため、計測できていない。

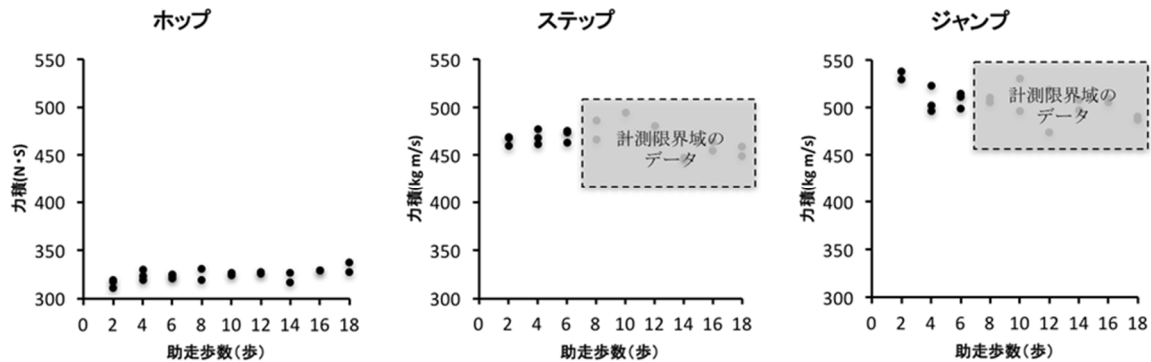


図 15. 鉛直方向の力積

3. キネマティック項目とキネティック項目の折曲点

図 16 は、前述の折れ線分析より導き出された助走歩数が変化した際のキネマティック変数とキネティック変数の折曲点をまとめたものである。キネマティック項目では、5-8 歩の間、キネティック項目では、ホップの最大ブレーキ力と鉛直力の第一ピークを除くと 5-7 歩の間に折曲点がまとまっていた。ホップの最大ブレーキ力と鉛直力の第一ピークの折曲点は、10-12 歩であった。

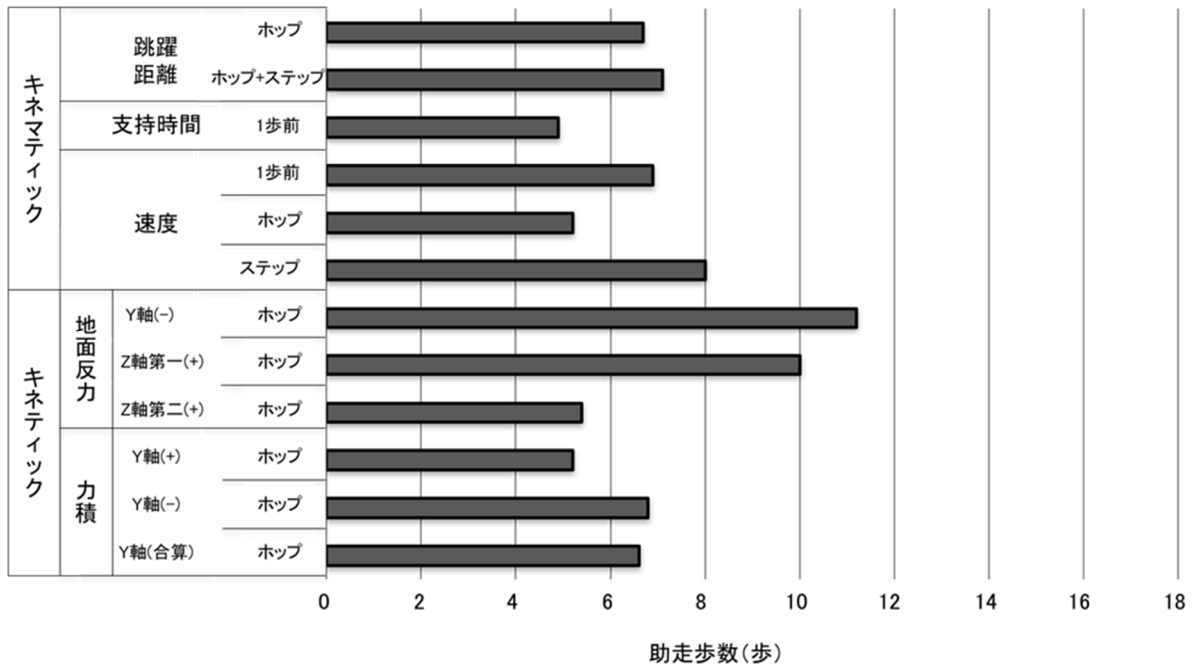


図 16. 分析項目毎の折れ線回帰分析による各折曲点

IV. 考察

本研究では、2 歩から 18 歩まで 2 歩ずつ段階的に助走歩数を伸ばす際に、三段跳のパフォーマンスにおいてどのような変化が生じるか、単一事例を用いて実験的に検討した。実験は、合計 21 試技の跳躍を実施しており、疲労によるパフォーマンスの影響も懸念されるが、被験者の実施感としては「全跳躍において、疲労を感じることはほとんどなかった」としており、各データに大きな影響を及ぼしていないと考えられた。

実験の結果、助走歩数が増加するにもなってホップ、ステップにおける跳躍距離、平均水平速度、ホップにおける鉛直力の第 1 ピークと第 2 ピーク、最大ブレーキ力、減速力積、前後正味力積は増加する傾向が認められた。これらは、助走歩数が増加し、平均水平速度が増加するにもなって、身体への衝撃負荷が高まることを示している。一方、各跳躍歩の支持時間とホップの加速力積は減少傾向を示し、助走歩数が増加し、平均水平速度が増加するにもなって、素早い移動の中で接地中に大きな力を加えにくくなっていたと考えられた。

そして、折れ線回帰分析を用いることで、直線回帰、曲線回帰では明らかにできない増加、減少傾向の中での折曲点を観察した。今回の実験試技では、ホップ及び測定できたステップ、ジャンプの変数の折曲点は 5-8 歩に多く見られた (図 16)。このことは、三段跳のパフォーマンスは、段階的に助走歩数を伸ばす際に、一様な変化を示すのではなく、5-8 歩の助走歩数までは急激な変化をし、それ以降は比較的に緩やかな変化をしていることを示している。また、このことは村木(1982)が指摘する 8 歩助走あたりまでの短助走跳躍が 17 歩以上の助走歩数を有する全助走跳躍と比べて時間的・空間的なリズムやタイミングの点で著しく異なることや、短助走跳躍の記録の向上が必ずしも全助走跳躍の記録を保証しないことを例証するものとも言えよう。また、本研究で示された折曲点は、田中(1979)の「垂直・水平速度や跳躍距離等から、十分なトレーニングを積まない段階では、7 歩助走程度(水平速度が 7.5m/sec-8.0m/sec)を境界として、短助走と中助走を区分することができる」という指摘とも一致するものであろう。さらに、被験者の跳躍の実施感である接地している時間感覚、跳躍の距離感覚、移動する速度感覚等においても、助走歩数 8 歩前後の跳躍で大きく違う感じを確認した。

また、ホップの最大ブレーキ力と鉛直力の第一ピークの折曲点が 10-12 歩(20.0-24.5m)で生じたことも注目される。10-12 歩は表1を参考にすれば中助走跳躍の助走歩数、助走距離に該当する。岡野(1994)によれば、経験則から 20-25m 程度の中助走跳躍が技術練習手段として最も重要であり、中助走跳躍がうまくできれば試合(全助走跳躍)でも通用するとしている。10-12 歩の折曲点以降、全助走まで助走歩数を増加させても地面反力や力積の変化が緩やかなことから、岡野の指摘である 10-12 歩の跳躍と全助走の跳躍が大きく異ならないことを例証しているとも考えられる。さらに、被験者の跳躍の実施感であるステップ接地時の衝撃感は、10 歩以降は 8 歩までの跳躍と比べ大きく感じ、移動速度も速く、接地時間も短く、跳躍の難しさが一段上がったような感じがしたと報告している。折曲点が多く見られた 5-8 歩前後での身体への衝撃(鉛直方向の第一ピーク)の違いについては明らかにすることができなかったが、6 歩助走のステップ踏切時には 10,000N に達していることから体重の 13.0 倍以上の負荷が 6 歩助走の三段跳ではかかっていることが確認された。

一方、折曲点が生じず、単回帰直線を示す変数や助走歩数の増加に関係なく一定のものもいくつか認められた。ステップの跳躍距離、ホップ、ステップ、ジャンプにおける支持時間は、単回帰直線を示しているが、データ数やその変動によっては折曲点が生じるような変化傾向を示していた。これは、今後データを収集し、検討すべき点と考えられた。しかし、キネマティックデータである各跳躍の最大推進力、ステップとジャンプ時の鉛直力の第二ピーク、加速力積、鉛直力積といった身体を加速する地面反力は、一定傾向を示していた。これは、8-10 歩以降の支持時間がある程度一定になっていることで、ブレーキに関わる最大力や力積の増加はあっても加速に関わる力はあまり変化しないのかもしれない。このことは、助走歩数を増加させていく三段跳の跳躍練習では、ステップ、ジャンプの踏切における水平速度の減少を最小限にできるように動作することを重視し、身体を鉛直に加速し持ち上げることに余り留意しないでよいことを示しているのかもしれない。

以上の点をまとめると、助走歩数を増加させていく三段跳の跳躍練習では以下の点に留意して行うとよいと考えられる。

- ① 助走歩数 8 歩(約 15m)以下の場合と 12 歩(約 25m)以上場合における助走歩数の増減の影響がキネマティック変数で大きく異なる。
- ② 助走歩数 8 歩(約 15m)以下の場合、助走歩数の増減で跳躍パフォーマンスの変数が大きく変動することに注意して行うべきであろう。
- ③ 12 歩(約 25m)以上場合では助走歩数の増減で全助走と大きな差異が生じないことを理解し、練習の目的や体調に応じて活用するとよいであろう。
- ④ ステップ、ジャンプの踏切における水平速度の減少を最小限にできるように動作することを重視し、身体を鉛直に加速し持ち上げることに余り留意しないでよい可能性がある。

なお、本研究で明らかになった折曲点は、競技者のトレーニング状況や習熟度等によって若干異なることが考えられるので、その点についても留意する必要がある。

V. 本研究の限界と今後の研究の展望

本研究では、助走歩数が跳躍パフォーマンスに及ぼす影響を 1 名の被験者から客観的な立場で実証することができた。これは、これまでの指導書等に示されている経験的知見を裏付けるものであり、実践・指導上の意思決定や判断のよりどころとなるものである。しかし、今回の実験では被験者が 1 名であり、競技者によっては本研究の被験者と異なる跳躍スタイルや助走速度の立ち上がり方をするかもしれない。また、被験者は競技経験年数 10

年の男子三段跳競技者であり、折曲点となる助走歩数が、中高生や女性競技者には助走速度も含めて当てはまらない可能性もある。今回の知見は、その点を踏まえて活用を行う必要がある。

本研究において、折曲点が生じず、単回帰直線を示す変数や助走歩数の増加に関係なく一定のものもいくつか認められたが、ステップの跳躍距離、ホップ、ステップ・ジャンプにおける支持時間は、データ数やその変動によっては折曲点が生じるような変化傾向を示していた。これは、今後データを収集し、検討すべき点と考えられた。今後は、パフォーマンスレベルも考慮しながら、被験者数を増やして、さらに助走距離の影響を明らかにすることが必要となろう。

また、今回の実験からステップ・ジャンプ踏切時の踵等の怪我のリスクについても検討する予定であったが、ステップ・ジャンプの鉛直力の第一ピーク(図 10)、前後方向の最大ブレーキ力(図 8)は、6-8 歩以降、フォースプレート上の性能上測定することができなかったため、明らかにすることはできなかった。鉛直力の第一ピークにおいては、ステップ踏切時に 6 歩助走で 10,000N に達していることから、体重の 13 倍以上の負荷があったことは確認できたが、今後、測定機器の性能を考慮したデータ収集を検討し、明らかにすることが課題である。

付記

本研究は、共同研究者 7 名で研究構想を練り、本論全体を責任著者 B(金高)の指導のもと筆頭著者 A(濱中)がとりまとめた。著者 C(永原)、D(松尾)、E(小森)、F(加藤)は、地面反力測定及び分析、結果の討議(考察)に参加し、論文全体の推敲にも加わった。また著者 F(近藤)は折れ線回帰分析及び解析ソフトの妥当性も検証した。責任著者 B(金高)は、筆頭著者の研究指導を行うとともに、論文投稿に際して論文全体に推敲を加え、さらに査読過程における論文修正に際しても総括及び編集委員会との窓口として対応した。

VI.引用文献

- ・ 青木繁伸(2006)解析プログラム「2 本の直線による折れ線回帰」 [http://aoki2. si. gunma-u. ac. jp/JavaScript/corr3. html](http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/JavaScript/corr3.html)(2016/8/29)
- ・ Amadio,A.C.(1985)Biomechanische analyse des dreisprungs. Doctoral dissertation, Deutsche Sporthochschule, Koln.
- ・ Bahr. R, Maehlum. S. (2004)Clinical Guide to Sports Injuries Human Kinetics. Champaign. IL.
- ・ Ramey,M.R, Wiams,K.R.(1985).Ground reaction forces in the triple jump, International Journal of Sport Biomechanics 1:233-239.
- ・ 金原勇(1984)科学的なスプリントトレーニング. 月間陸上競技. 8:172-181
- ・ 金洪兵(1987)三段跳における地面反力の分析. 日本体育学会大会号. 38B:684.
- ・ 木野村嘉則, 村木征人, 岡子浩二(2012)走幅跳における助走歩数を増やして踏切するための踏切動作-短助走跳躍から長助走跳躍に至る踏切動作等の変化率に着目して- 体育学研究. 57:71-82.
- ・ 村木征人(1971)三段跳の運動構造と技術の進化. 東京女子体育大学紀要. 6:34-47.
- ・ 村木征人(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. pp.361-364.
- ・ 岡野進(1994)ジャンプトレーニングマニュアル. pp.115-116.
- ・ 岡野進(1989)最新陸上競技入門-走幅跳・三段跳-ベースボールマガジン社. pp. 91-96.
- ・ 大宮真一, 合屋十四秋(2002)バウンディングの跳躍距離に及ぼす要因-地面反力と重心速度に着目して-愛知

教育大学保健体育講座研究紀要. 27:21-26.

- ・ 大塚薙雄(1995)作物品種の生態的特性解析への折れ線回帰モデルの適用. Breeding science. 45:135-138.
- ・ 桜井要吉(1981)高校生の陸上競技. 講談社. pp.194-200.
- ・ 沢田安之(1989)Do Sports Series 陸上競技. 一橋出版. pp.45-50.
- ・ 田中整佳(1979)短助走三段跳の研究. 木更津工業高等専門学校紀要. 12:101-107.
- ・ 津田幸保, 加賀勝, 高橋香代(2002)跳躍距離と身体重心速度から見た三段跳選手の競技レベル. スポーツ教育学研究. 22(2):77-84.
- ・ 帖佐寛章(1984)練習法百科 陸上競技, 大修館書店. pp.96-104.
- ・ ユー・ベンホシヤンスキー:大島謙吉訳(1962)三段跳のトレーニング. ベースボールマガジン社. pp.92-99.
- ・ 植田恭史(1991)記録更新に伴う技術的变化・要因に関する一考察-15m10 から 16m66 に成長した三段跳選手より-. 東海大学紀要体育学部. 21:23-28.
- ・ 吉田孝久(2011)陸上競技入門ブック跳躍. ベースボールマガジン社. pp.124-131.
- ・ 吉田孝久(2013)基礎から身につく陸上競技-初級編-. 大修館書店. pp.109-111.