

# 女性競技者におけるバリスティックな跳躍運動と 疾走パフォーマンスとの関係

## Relationship between Various Ballistic Jump and Running Performance in the Female Athletes

キーワード：女性競技者、跳躍運動、疾走パフォーマンス、助走つきホッピング  
Keywords: female athlete, jump exercise, running performance,  
hopping with the running approach

志賀 充	佐々木 大志	丸尾 祐矢
八尾 泰寛	櫻田 淳也	今丸 好一郎
SHIGA Mitsuru	SASAKI Daishi	MARUO Yuya
YAO Yasuhiro	SAKURADA Junya	IMAMARU Kouichirou

### 1. 緒言

様々なスポーツ種目の動作において、下肢の筋群では伸張-短縮サイクル (stretch shortening cycle) が生じるとされる。スポーツの世界において短時間に筋が伸張し、短縮する力発揮は非常に重要である。この短時間に力を発揮し、垂直方向へ両脚で跳ぶドロップジャンプやリバウンドジャンプは、動作の特性として足関節周辺筋群による底屈動作による発揮パワーが主であることが認められている (Bobbert et al. 1987, 図子・高松, 1995.)。また、ドロップジャンプを実施させ、その接地時間と滞空時間から評価指数 (index) を算出し、バリスティックな跳躍能力の評価した報告も存在する。これらの報告で対象になったドロップジャンプやリバウンドジャンプは、運動の方向が垂直方向であることから各スポーツ競技者の基礎的な能力評価には適しているものの、水平方向へ移動する跳躍の脚出力や主動筋が異なることが予想される。

近年ではこの問題を解決すべく、藤林ら (2014) に  
よって前方方向、つまり水平方向へ移動する跳躍能

力の評価方法が確立されつつある。水平方向へ移動を伴うということは、疾走及び跳躍運動においても股関節周辺筋群の関与が大きくなると考えられている (荊山・図子 2014)。そのため垂直方向への跳躍と比較してパフォーマンスに対して異なる関連性を示す可能性がある。また荊山・図子 (2014) によれば垂直方向と水平方向の跳躍は、基礎と応用の関係で階層関係であると報告している。その応用とする跳躍について女性を対象に研究した志賀 (2013) の研究では、水平方向への跳躍能力が疾走速度と関連性があること、そしてその重要性を示している。しかし志賀の研究では女性を被験者としたものの、短距離選手とバスケットボール選手を対象としていることから、女性スポーツ競技者全般を示すデータとしては不十分な点も存在する。また本研究では水平方向への跳躍運動として、助走をつけて行うホッピングを実施する。ホッピングに関して Mero and Komi (1994) が測定を行い地面反力が大きいことを報告しているが、それ以外の詳細は明らかになっていない。また近年、水平方向へのホッピングに関して志賀 (2013) の研究が疾走パフォーマンスとの関連性を指摘して

いるが、助走をつけて速度を高める水平方向への片脚跳躍は実施していない。この助走つきホッピングと疾走パフォーマンスとの関連性が明確になれば、スポーツ実践の中でもトレーニング手段として片脚によるバリエーションな跳躍運動の可能性を広げることになる。つまり本研究が新たに行う助走つきホッピングを含む、各種跳躍運動と疾走パフォーマンスとの関連性を明確にしておくことは、トレーニング方法論を構築していく上で重要であると考えられる。

よって本研究の目的は、女性スポーツ競技者における垂直及び水平方向への跳躍能力と疾走パフォーマンスとの関連性を検討し、女性のためのバリエーションな跳躍運動の基礎的な知見を得ることとした。

## II. 方法

被験者は大学生女性アスリート57名とした。被験者の専門種目と人数は、陸上競技を専門とする跳躍選手11名(以下:跳躍)、長距離選手6名(以下:長距離)、投擲選手10名(以下:投てき)、短距離選手10名(以下:短距離)、球技選手はハンドボール選手10名(以下:ハンドボール)、バレーボール選手10名(以下:バレーボール)とした。本研究では陸上競技選手以外に、日常のトレーニングとして垂直及び水平方向への跳躍運動を実施しているバレーボール選手とハンドボール選手を対象とした。被験者の中にはインターカレッジに入賞する選手、100mにおける自己記録11秒台の選手、バレーボールにおいてユニバーシアード代表選手が含まれていた。

運動種目は疾走運動と5種類の跳躍運動を実施した。具体的には、60m走、垂直跳び(CMJ)、5回連続のリバウンドジャンプ(5RDJ)、5段跳び(5step jump)、助走つき5段跳び(AP5step jump)、助走つきホッピング(AP5hopping)であった。なお

助走付き跳躍は助走を10mとし歩数を5歩と定義した。測定方法はパフォーマンス評価として60mを測定し、各10m区間にポールを設定した。分析項目は区間タイム、区間速度を算出した。鉛直方向への跳躍能力として、5回連続するドロップジャンプを実施した。疾走運動はハイスピードカメラ(カシオ:300fps)を使用して2次元撮影した。跳躍運動はハイスピードカメラ(カシオ:240fps)を使用して2次元にてパニング撮影をした。

撮影運動は疾走および5段跳び、助走つき5段跳び、助走つきホッピングとした。水平方向への跳躍においては全体の総距離を測定した。

各種跳躍運動の遂行能力は、マットスイッチ(マルチジャンプテスタ・DKH社製)を用いて滞空時間(ta)、踏切時間(tc)を計測した。なお重力加速度(g)は9.81 m/s<sup>2</sup>とした。

5RDJを行い、5回の連続するリバウンド跳躍から最大値を選択して競技者の指標とした。5RDJの指数(index m/sec)は以下のように算出した。

$$5RDJ \text{ index} = (g \cdot ta^2/8)/tc$$

CMJは以下の計算式によって跳躍高を算出した。

$$\text{跳躍高} = 1/8 \cdot g \cdot ta^2$$

統計については、各測定項目のグループ毎の差を検定するために一元配置分散分析を行った。F値が有意であるものと認められた項目については、Bonferroniの方法を用いて多重比較を行った。またすべての分析項目について平均値±標準偏差で示した。60m走と各種跳躍運動に関するキネマティクスの変量の関係は、ピアソンの積率単相関係数を用いて検討した。なお有意水準は5%未満とした。

## III. 結果

本研究の疾走タイム及び各種跳躍能力に関する基礎的な値をTable. 1.に示した。

Table. 1. 60m time and each jump ability in the female athletes.

	60m time(sec)	CMJ(cm)	5RDJ(m/sec)	5step jump(m)	AP5step jump(m)	AP5hopping(m)
AV	8.71	39.0	2.027	10.76	12.98	12.68
SD	0.61	5.1	0.309	0.86	0.99	1.19

また60mにおける疾走タイムは10m毎に速度を算出した (Fig. 1)。その結果、女性競技者における60mの最高疾走速度は30-40m区間に最高値を示した。また各スポーツ種目では、投てき、長距離、跳躍が40-50m区間、その他のバレーボール、短距離、ハンドボールは30-40m区間で最高値を示した。実際の最高疾走速度の高い順に示すと、短距離8.57m/sec、跳躍8.21m/sec、投てき7.95m/sec、ハンドボール7.52m/sec、バレーボール7.35m/sec、長距離7.06m/secであった。

次に各種跳躍能力と疾走タイムとの相関関係を検討し、Fig. 2の相関性が明らかになった。60m疾走タイムと5RDJとの関係は、 $r=-0.450$ ,  $P<0.01$ 、60m疾走タイムとCMJとの関係は $r=-0.516$ ,  $P<0.01$ 、60m疾走タイムと5step jumpとの関係は、 $r=-0.625$ ,  $P<0.01$ 、60m疾走タイムとAP5step jumpとの関係は $r=-0.665$ ,  $P<0.01$ 、60m疾走タイムとAP5hoppingとの関係は $r=-0.781$ ,  $P<0.01$ であった。なかでも助走つきで行われた片脚による跳躍運動のホッピングは極めて高い相関係数を示した。

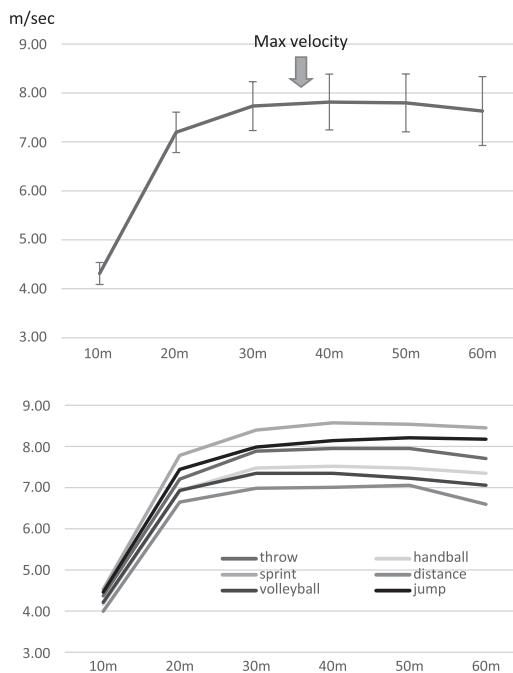


Figure. 1. 60m running velocity in the 57female athletes. (upper figure) and it showed the maximum running velocity at the 30-40m. 60m running velocity in the each group. (down figure)

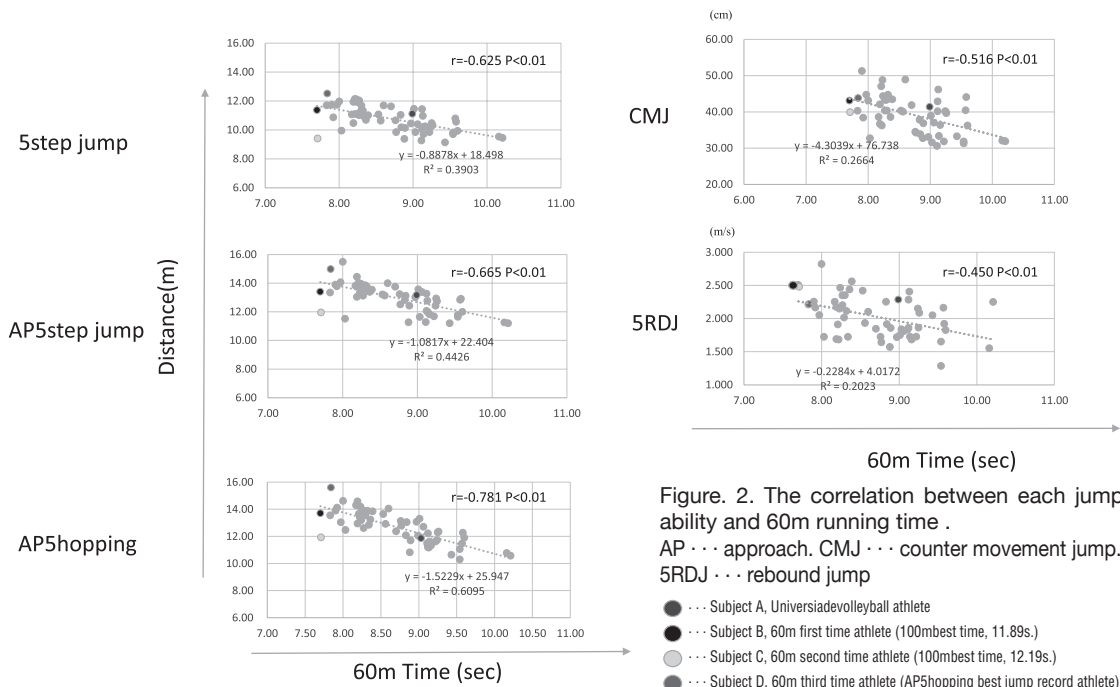


Figure. 2. The correlation between each jump ability and 60m running time . AP . . . approach. CMJ . . . counter movement jump. 5RDJ . . . rebound jump

- . . . Subject A, Universiade volleyball athlete
- . . . Subject B, 60m first time athlete (100m best time, 11.89s.)
- . . . Subject C, 60m second time athlete (100m best time, 12.19s.)
- . . . Subject D, 60m third time athlete (AP5hopping best jump record athlete)

次に60m各区分速度と各種跳躍能力との関係はFig. 3に示した。最高疾走速度を示した30-40m区間の速度とすべての跳躍能力との間に相関関係が認められた。またタイムと同様に、速度においても助走

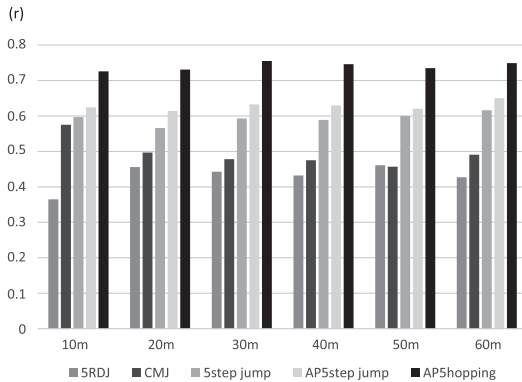


Figure. 3. The correlation between each jump ability and running velocity of each phase in the 60m.

つきホッピングは極めて高い相関係数を示した。水平方向への跳躍では、以下の順で相関係数が高い値を示した、助走つきホッピング、助走つき5段跳び、5段跳び、垂直跳び、リバウンドジャンプであった。

Fig. 4.とFig. 5.では各種測定項目における各スポーツ種目間の能力を比較検討したものである。

Fig. 4.では60mタイムにおいて、短距離、跳躍、投てきと比較して、バレーボールとハンドボール、さらには長距離との間に有意差が認められた( $P < 0.01$ )。つまり60mタイムにおいて長距離が最も低値を示した。CMJにおいて短距離、バレーボール、跳躍、投てきと比較して、長距離とハンドボールは有意に跳躍高が小さな値を示した( $P < 0.01$ )。5RDJにおいて短距離、バレーボール、跳躍、投てき、長距離と比較してハンドボールは有意に5RDJが小さな値を示した( $P < 0.05$ )。

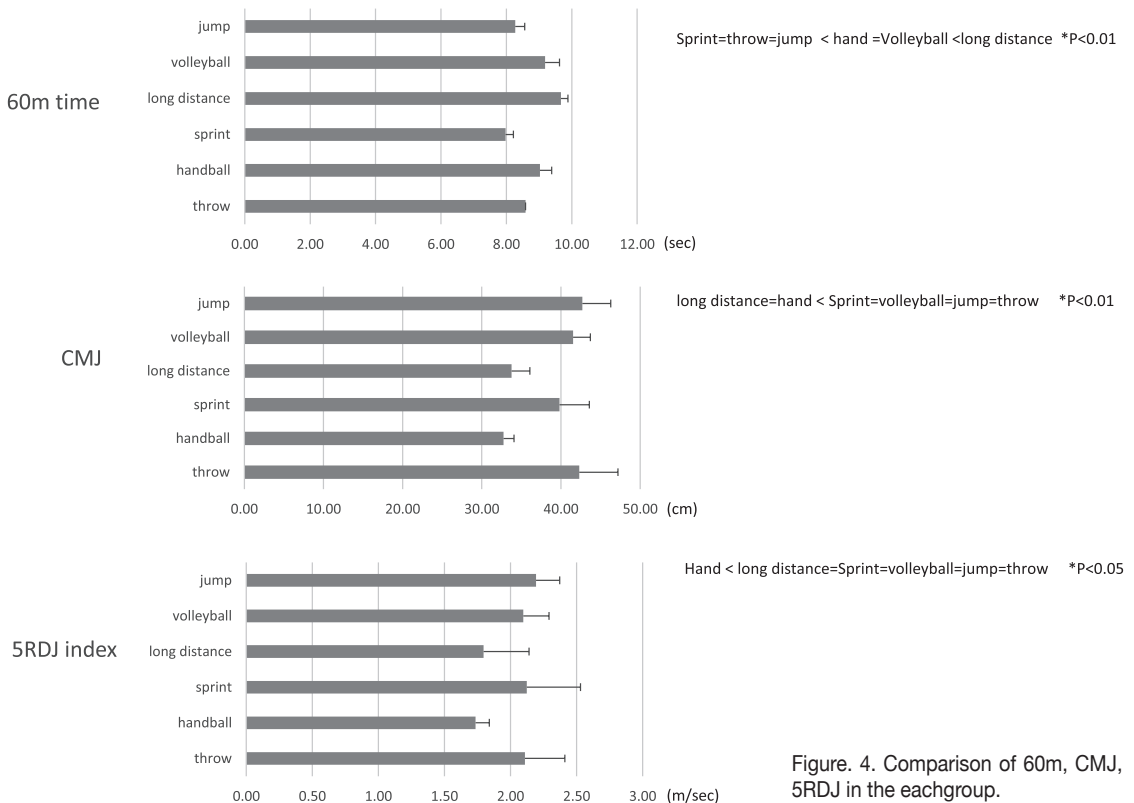


Figure. 4. Comparison of 60m, CMJ, 5RDJ in the eachgroup.

Fig. 5.では5step jumpにおいて、短距離、バレーボール、跳躍、投てきと比較して、長距離とハンドボールは有意に跳躍距離が小さな値を示した( $P<0.01$ )。AP5step jumpにおいて短距離、跳躍、投てきと比較して、長距離とハンドボールは有意に跳躍距離が小さな値を示した( $P<0.01$ )。AP5hoppingにおいて短距離、跳躍と比較して、長距離とハンドボール、バレーボールは有意に跳躍距離が小さな値を示した( $P<0.01$ )。またAP5hoppingでは長距離と投てきにおいても有意差が認められた( $P<0.01$ )。

#### IV. 考察

バリスティックな運動は、運動終了時間までに約0.15から0.2秒であり、できるだけ素早く行う力発揮の運動である。陸上競技における疾走運動や跳躍運

動において、疾走中の接地時間や踏切時間においても短時間で遂行されることが多い。このことから運動パフォーマンスを向上させるために、バリスティックな運動及びトレーニング評価が推奨され、研究及び実践的なトレーニングが行われてきた。本研究ではバリスティックな運動の中でも跳躍運動に着目し、さらに先行研究では極めて測定数が少ない水平方向への跳躍運動を測定した。

まず本研究では、運動パフォーマンスの評価として60m走を行った。Fig. 1.に示す最高疾走速度は女性被験者57名の平均値であり、30-40m付近で最大値となり、その後、減速を示した。各スポーツ種目において最高疾走速度出現区間は、30-40m区間でハンドバール、短距離、バレーボールのグループであり、40-50m区間で投てき、長距離、跳躍のグループであった。また各区間における最大値

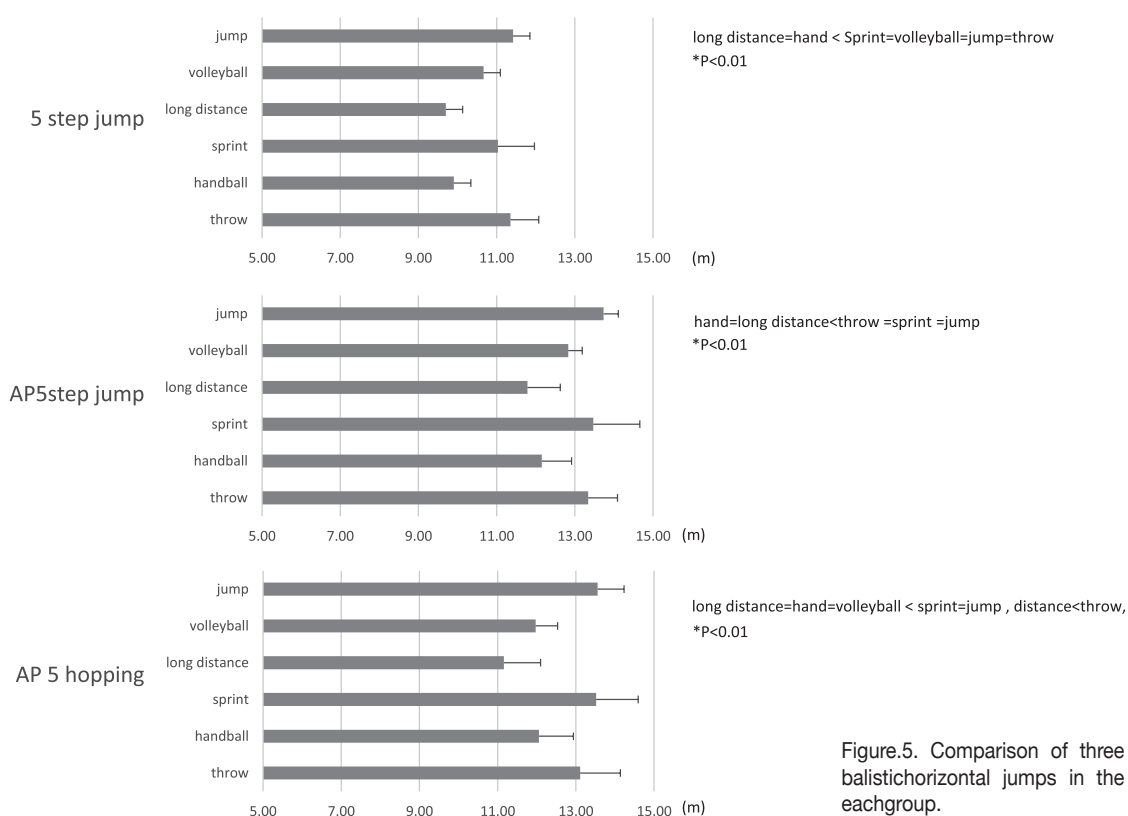


Figure.5. Comparison of three ballistic horizontal jumps in the each group.

では短距離が8.57m/sec、跳躍が8.21m/sec、投てきが7.95m/secの順であった。これまでの先行研究における100m疾走中の最高速度は、男子世界記録では70-80m付近(松尾ほか 2009)、女子の世界選手レベルで50-60m付近(阿江ほか 1994)、大学女子スポーツ競技者において30-40m(志賀2013)区間で認められている。本研究で測定を行った57名の女性競技者が30-40m付近で最高速度に達したことは、男性競技者よりも早い段階で出現するものの、女性競技者を対象とした先行研究を支持するものであった。各スポーツ種目において考えると30-40m付近ではハンドボール、短距離、バレーボールが60m走中のやや早い段階で最高速度に達している。ハンドボール、バレーボールの球技種目は、運動種目の特性より短い距離を素早く移動する、もしくは素早く反応するトレーニングを日々課していると推察される。その一方で、球技種目は基本的な静止状態からの短距離走や走り込みを日々のトレーニングに課しているとは考えにくい。よって60m走の中でも早い段階で速度のピークを迎え、その後減速をしていたと考えられる。一方、短距離選手に関しては先に示した世界や日本のトップの最高疾走速度出現区間からみても、やや前半区間に出現している。最高速度そのものは短距離が最も高い値を示しているものの、出現区間が30-40m付近であることは、その後の疾走速度の減速を招くと言えよう。本研究では速度を決定する要素のストライド、ピッチ、また疾走動作の分析を対象としていないが、本研究の被験者である短距離選手が、より後半局面に最高疾走速度を出すことができるような動作・意識やトレーニング方式を組み入れることができれば、減速区間を短くし、タイムを短縮する可能性があると考えられる。

次に本研究では、各種類のバリスティックな跳躍運動及び脚発揮パワーの指標として垂直跳びを測定した(Fig. 2)。これらの結果と57名の60m疾走タイムとの関連性を検討した。その結果、疾走タイムとの関連は垂直方向へ脚パワー能力を示す垂直跳び、リバウンドジャンプよりも水平方向へのバリスティックな跳躍運動の方が高い相関係数を示した。また本研究では疾走タイムだけでなく、各区間の疾走速

度と水平方向への跳躍能力の関連性も検討したが、すべての値において有意な相関関係が認められた(Fig. 3.)。これらの報告から、疾走タイムや速度に対して垂直方向への両脚跳躍能力よりも、水平方向の片脚跳躍能力が重要であると考えられた。さらに助走つきホッピングにおいては、疾走速度との間に極めて高い相関係数を示した。疾走における最高疾走速度の出現区間では、素早い左右脚の動作や短い接地時間が要求される。また疾走における最高疾走速度区間は、加速段階とも言い換えることができ、地面に対して大きなパワーを発揮して加速していくことが必要になる。このような局面の疾走速度と助走をつけたホッピングに極めて高い相関係数が認められたことは、これまでにない新たな知見であり、またこの区間に速度の高い者がホッピングによる高い脚出力を有していることを示す。この理由は助走つきホッピングの特徴として1つ目は、疾走動作のような循環運動の中で接地動作を短時間でこなさなければならない運動であること、2つ目は片脚による規定面の小さな範囲という不安定な中で大きなパワーを発揮し、接地の際にスイング脚とのタイミングが重要であること、これらの2つのことが考えられる。このような運動局面の動作と跳躍運動の特性が類似している点が、高い相関関係を示した理由と考えられる。

次に本研究では水平方向へのバリスティックな片脚跳躍を3種類行い、各スポーツ種目にける被験者間の能力について比較を行った(Fig. 4, Fig. 5.)。その結果、3つの跳躍において陸上競技の短距離、跳躍、投てき種目が最も高い値を示したのに対し、長距離、ハンドボールの被験者は低位を示した( $P<0.01$ )。本研究におけるハンドボール被験者は、関東インカレ優勝、日本インカレ入賞をする競技が含まれている。ハンドボールの競技特性上、左右方向への素早いステップ、さらには片脚でしっかりと踏切る能力が求められる。図子(2006)によれば球技選手に対してプライオメトリクストレーニングを実施したことにより、方向転換能力が向上し、接地時間も短縮したことを報告している。先行研究でも示されているように、本被験者であるハンドボール選手は被験者全体の中では低位であったものの、今後、片脚

によるバリエーションな跳躍能力の改善が認められれば、方向転換能力の改善や素早いチームプレーなどパフォーマンスに対してプラスになると考えられる。また長距離種目においても他のスポーツ種目と比較した場合、3つのバリエーションな跳躍能力は低位な値であった。本研究における長距離の被験者は、大学から本格的な長距離トレーニングを実施した者などが多く、競技レベルが発展途上である。よって疾走フォームや有酸素能力の開発が急務とされている。図子(2006)によれば、プライオメトリクスをトレーニング実践に用いることによって、疾走フォームの改善の可能性を示唆している。主に膝関節の屈曲、足関節の伸展動作が抑えられることを報告している。これらのことを考え合わせると、本被験者である長距離選手は未熟練者であることから、疾走フォームの矯正の手段として、更には力の伝達をスムーズに行うためのトレーニング方法として跳躍トレーニングを取り入れることも有効であろう。

以上のことから、女性における各種スポーツ種目において、各運動方向へのバリエーションな跳躍運動は重要であること、なかでも水平方向へ助走をつけて片脚で跳躍する運動(助走つきホッピング)は極めて重要であると考えられた。

## V. 結論

本研究の目的は、女性における垂直及び水平方向への跳躍能力と疾走パフォーマンスとの関連性を検討し、女性競技者のためのバリエーションな跳躍運動の基礎的な知見を得ることを目的とした。

本研究では以下のことが明らかとなった。

各種跳躍運動と疾走タイム及び速度との関係は、垂直方向への跳躍よりも水平方向への片脚跳躍能力の相関係数が高い値を示した。またこれらの関係は助走つきホッピング、助走つき5段跳び、5段跳びの順に相関係数が高い値を示し、助走をつけて跳躍する運動がより疾走タイムと速度に関連性が深いことが明らかとなった。女性における各種スポーツ種目において、各運動方向へのバリエーションな跳躍運動は重要であること、なかでも水平方向へ助走をつけ

て片脚で跳躍する運動(助走つきホッピング)は極めて重要であると考えられた。

## VI. 参考文献

- 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖(1994)世界一流競技者の技術, pp. 14-28, ベースボールマガジン社.
- Bobbert, M, F. Huijing, P, A. and van Ingen Schneau, GJ. (1987) Drop jumping. I. the influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19: 332-338.
- 藤林献明 荻山靖 木野村嘉則 図子浩二(2014)リバウンドロングジャンプテストの遂行能力からみた水平片脚跳躍において高い接地速度に対応するための踏切動作. *陸上競技研究*, 12: 33-44.
- Guy Mothersole, John B. Conin, Nigel K Harris. (2017) Jump landing program for females; Development of a systematic progression model. *Strength and conditioning journal*. Volume 36, Number 4, 52-64.
- 星川佳広 松村正隆 飯田朝美 井伊希美 中嶋由晴(2011)トレーニング科学 Vol. 23, No. 2, 153-165.
- 荻山靖 図子浩二(2013)ジャンプエクササイズを用いたプライオメトリクストレーニングにおける手段および方法の構築 —バイオメカニクス知見をエビデンスとして用いることの重要性—, *バイオメカニクス研究*, 18:(3) 176-188.
- 荻山靖 図子浩二(2013)プライオメトリクストレーニング手段としての各種リバウンドジャンプの使い方 —両脚型と片脚型および鉛直型と水平型の相違に着目して—, *陸上競技研究*, 92:(1) 2-14.
- 荻山靖 図子浩二(2014)跳躍方向が異なるバウンディングの力発揮特性. *体育学研究*, 59: 397-411.
- 松尾彰文・広川龍太郎・杉田正明・柳谷登志雄(2009)日本トレーニング科学会編:スプリントトレーニング —速く走る・泳ぐ・滑るを科学する—, pp. 83-94. 朝倉書店.
- Mero, A. and Komi, P. V. (1994) Force and power

analysis of sprint specific strength exercise. J. Applied Biomech. 10: 1-13.

志賀充 (2013) 女性スポーツ競技者における各種跳躍能力と疾走能力との関係 片脚跳躍運動の脚動作と疾走速度に着目して. 体育学研究. 58, 429-443.

Timothy E Hewett, Amanda L Stroupe, Tomas A Nance, Frank R Noyes. (1996) Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. The American journal of sports medicine, Vol. 24, No. 6, 765-773.

関子浩二・高松薫 (1995) リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因: 下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して. 体育学研究. 40: 29-39.

関子浩二 (2006) 跳躍動作とその指導・トレーニング プライオメトリックトレーニングに着目して一. トレーニング科学, Vol. 18, No. 4, 297-305.