

走高跳における曲線助走の効果に関する研究

関 岡 康 雄 栗 原 崇 志*

The Effect of Curved Approach in Running High Jump

Yasuo SEKIOKA and Takashi KURIHARA*

The purpose of this study was to investigate the effect of inside lean caused by curved approach on preparatory phase in running high jump.

Two subjects were used and their jumping was filmed by three 16 mm cine cameras (64 r.p.s.) from directions show in Fig. 2.

- 1) Sub. A.Y. (Best Mark: 2 m 11, Fosbury-Flop)
Fosbury-Flop with curved approach (F.Cu.).
- 2) Sub. A.I. (Best Mark: 2 m 00, Straddle)
Straddle with straight approach (S.St.).
Fosbury-Flop with straight approach (F.St.).
Fosbury-Flop with curved approach (F.Cu.).

The following eight aspects of each jumping were measured.

- 1) movement of center of gravity.
- 2) approach velocity of each two frames.
- 3) backward lean. (angles made by a vertical line and the line penetrate the center of gravity and the center of the landing foot at the instant the foot touches down: side view)
- 4) inside lean (angles made by a vertical line and the line penetrate the center of gravity and the center of the landing foot: rear view)
- 5) *la*. (the loss of height of the center of gravity occurred by the effect of inside lean.)
- 6) *lb*. (the loss of the center of gravity sank from the straight part of approach to the curved part.)
- 7) *la/lb*
- 8) angle of knee flexion of supporting leg.

Phase, O (take-off)—Pease. 5 (fifth last stride) show the supporting phase of each stride. The results are summarized as follows.

- 1) The effect of inside lean (*la*) is remarkable in preparatory phase (both subjects) and the maximum rate of *la*. to *lb*. attains 71.75 percent (Sub. A.Y.).
- 2) The height of the center of gravity in the curved approach is lower than in the straight approach.
- 3) The angle of knee flexion in the curved approach is wider than in the straight approach.
- 4) Because the height of the center of gravity in the Fosbury-Flop with curved approach and the straddle style are almost same, two styles are compared. In straddle the approach velocity decelerates apparently at preparatory phase, but does not in the Fosbury-Flop with curved approach.

* 筑波大学大学院博士課程体育学研究科 (Doctor's Program of Health and Sport Science, The University of Tsukuba)

From these results it may be concluded that if the jumper makes use of the curved approach in the preparatory phase, he is able to keep the approach velocity and to sink their center of gravity by the effect of inside lean with a wider angle of knee flexion than the straight approach. The jumper's touching down his foot beside the body not after the body keeps the approach velocity in curved approach.

I. 緒 言

① 現在日本で背面跳と呼ばれている¹⁾¹³⁾ 跳躍法は、アメリカやドイツでフォスベリー・フロップ (Fosbury-Flop) と呼ばれているものである⁴⁾⁵⁾。この跳躍法の空中における特徴は背中を下にし頭からバーを越えてゆくことである (Fig. 1)。1957年にはすでに日本の雑誌上²³⁾でも同様の跳躍法が紹介されている。しかし1968年にメキシコオリンピックで、D. Fosbury (U.S.A.) がこれを用いて優勝し、その後急速に広まったのでこの名称がつけられている。

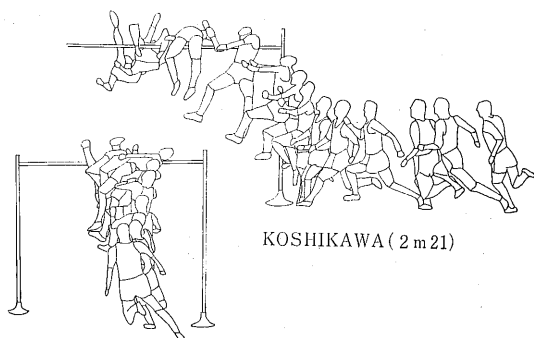


Fig. 1. Fosbury Flop.

「背面跳」は他の多くの名称がそうであるように空中姿勢をもとにしてつけられたものである。日本では、「背面跳」が学習指導要領解説¹⁵⁾にも使われ一般的なので、これに従うこととする。

走高跳の歴史には、背面跳が出現するまで、はさみとび、ロール・オーバー、ベリー・ロールなどの基本的スタイルがあった。そして世界記録は、大戦期を除いて順調に伸びて来たと言える。唯一の例外は1963年から次の記録が出るまでの空白である。

V. Brumel (U.S.S.R.) は、1963年に 2 m 28 の

大記録を樹立した。彼は現在でも理論的に最も優れた技術を身につけていたと言われている¹⁴⁾。

背面跳が出現する以前と以後の世界や日本の上位10傑平均の上昇は、そう変化がない²⁾。しかし一流に近い記録を持つ選手が増加していることは事実である²⁴⁾。また、高校や中学校レベルでの記録の上昇は著しい。日本選手権や全国高校総体での入賞者はもちろん、オリンピックの上位入賞者も背面跳で占められるようになった。このように、背面跳が記録水準の向上に影響を与えていることは間違いない。

② 背面跳の特徴に関する文献には、跳躍を観察し理論的に分析しようとしたもの⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾¹¹⁾²⁶⁾ 実験的に分析しようとしたものなどがある¹⁾¹⁶⁾。その中であげられている特徴の主なものは、1) 曲線助走を用いる。2) 助走速度が速い。3) 振り上げ脚が屈げられている。4) 背中でバーを越す。などである。しかしあまり具体的に述べられているとは言えず、一流の記録を持つ選手が増加した理由は明らかではない。

③ 走高跳は、助走して踏切り、跳び越え得るバーの高さを競う競技である。この点から考えれば走高跳は一連の運動過程としてとらえるべきであるが、動きを適確にとらえ、わかりやすくするために、一般に助走、踏切準備、踏切り、クリアランス、着地の6局面に分けられている。

走高跳では助走で得た並進エネルギーを、位置エネルギーに効果的に変換することが主要課題となり、そのために最も重要な局面は踏切りである。

踏切りが終了した後、身体重心が上昇する高さは、主に踏切り中に地面に加えられた力積＝力×時間 ($f \cdot t$) が大きくなれば増加する。力積を大きくするには、技術的に踏切り中の重心の鉛直方向での移動距離を大きくすることが必要である。移動距離を大きくするためには、踏切りに移る前に

からだを着地点よりも後方に残しておく（後傾する）必要があり、後傾が大きくなると、他の姿勢が同じであれば小さい時よりも重心は低くなる。踏切1歩前での重心が高い姿勢から、踏切のための大きな後傾姿勢をとろうとすると、踏切足を着地する時上から下へ跳びおりるようにしなければならなくなる。このことは、踏切りに移った直後に跳躍に役立たないのみか、有害な負担を踏切脚にかけることになる。このような有害な負担をできるだけ少なくするには、踏切準備局面（踏切1～2歩前）ですでに重心を低くしておく必要がある¹²⁾。

④ 踏切準備局面で重心を低くすることは、多くの人によって勧められており、それには着地している脚の膝を屈する方法が用いられてきた¹³⁾²⁰⁾²¹⁾。

S. Heinz (1971)⁸⁾は、曲線上を走ると、からだが傾き重心が下がること (Absenkung des Körperschwerpunkt) を示唆し、背面跳の曲線助走の利点 (Volteile des bogenförmigen Anlauf) にあげている。

円弧上を走る時は、中心方向に、加速度

$$\ddot{x} = \frac{V^2}{r} \quad (1)$$

(r: 半径, V: 速度)

を持つ。したがって、走者は中心と反対方向に、慣性力

$$F = \frac{W}{g} \cdot \frac{V^2}{r} \quad (2)$$

(W: 体重, g: 重力加速度)

を感じ、これを遠心力と呼ぶ。走者には常にWの力がかかっているため、鉛直方向に角度 θ だけ傾いた方向に地面を蹴ってちょうどつり合うとすると、次式を得る。

$$\tan \theta = \frac{F}{W} = \frac{V^2}{rg} \quad (3)$$

このことは、曲線上を走ると遠心力が生じ、これに抗するためにからだを曲線の内側に傾けなくてはならないことを示している。

からだが傾くと、他の姿勢が同じなら重心は低

下する。ある時の傾きを θ とすると、傾きによる重心の低下距離 la は次式で得られる。(Fig. 2)

$$la = h(1 - \cos \theta) \quad (4)$$

la は θ の関数なので、 θ が小さい時はあまり変化しないが、大きくなると変化は増大する。

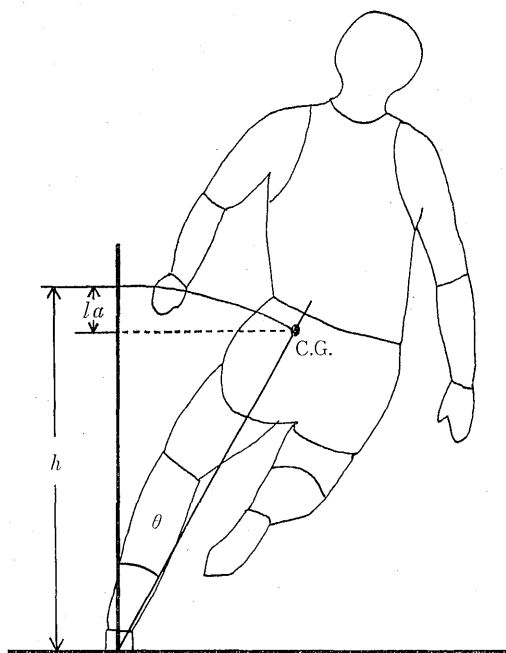


Fig. 2. The relationship between the inside lean (θ) and the effect of inside lean (la).

したがって、曲線助走を利用すれば、踏切準備局面で膝をあまり屈することなく重心を低くできること、さらに同じ膝角度であればより重心を低くできることが考えられる。

直線上を助走しながら重心を低くしようとすると、一般に足をからだのより前方に着地するような走り方になりやすい。このことは、全速疾走の時のようにからだのより下に着地する場合よりも、キック脚を振りもどす距離が短くなることを意味し、このため着地時の足先の後方への速度が小さくなるので、着地でのブレーキの大きい走り方になる¹⁹⁾。

重心と着地点を結ぶ直線が、進行方向に向かってどの方向に傾いていても、重心が低下すること

が、鉛直線となす角度)により補正した。

⑤⑥については、①及び④の分析により得られた値をもとに、各局面の最初のコマと最後のコマが同時であったとして、比例配分し計算により求めた。⑤は次式(5)により求めた。

$$la = Y \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right) \quad (5)$$

(Y: 重心高, θ : 内傾角)

それぞれ踏切局面を Ph. 0 (Phase 0), 1歩前を Ph. 1, 2歩前を Ph. 2 のように表わした。

実験は、1976年9月17, 23, 24日に行なった。

III. 結果と考察

1. 内傾とそれによって生じる重心の低下の関係について

Fig. 4 は、Sub. A. 1 の側方から見た重心の軌跡を示したものである。

①踏切準備局面における重心の高さは、曲線助走を用いた背面跳、ベリーロール、直線助走を用いた背面跳の順に低い。

②踏切りに移る時の後傾角は、曲線助走を用いた背面跳が36.8度、ベリーロールでは35.5度と同様の値を示したが、直線助走を用いた背

面跳では、32.3度と小さかった。

Fig. 5 は Sub. A. 1 の踏切準備局面における、後方から見た重心、着地点、及びこれらを結ぶ直線が鉛直線となす角度(内傾角)の関係を示したものである。

①内傾角はいずれの局面においても、曲線助走を用いた試技のほうが大きく、同時に示した、内傾角によって生じる重心の低下距離 la も大きい。

背面跳の2つの跳躍に動きの差はほとんど見られなかったことと考え合わせると、曲線助走を用いた背面跳が踏切準備局面で重心を低くできたのは、曲線助走で作られた内傾によって重心を下げることに成功した結果であると言えよう。

直線助走を用いた試技で、内傾角がやや大きな値を示している。これは、この試技に用いた助走が完全な直線ではなかったことを示している。しかし内傾角がこの程度では la が小さく(式5)重心の高さへの大きな影響はない。ベリーロールでも同様の傾向が見られた。

Fig. 6 は、Sub. A.Y. の後方から見た重心、着地点、及びこれらを結ぶ直線が鉛直線となす角度(内傾角)を示したものである。

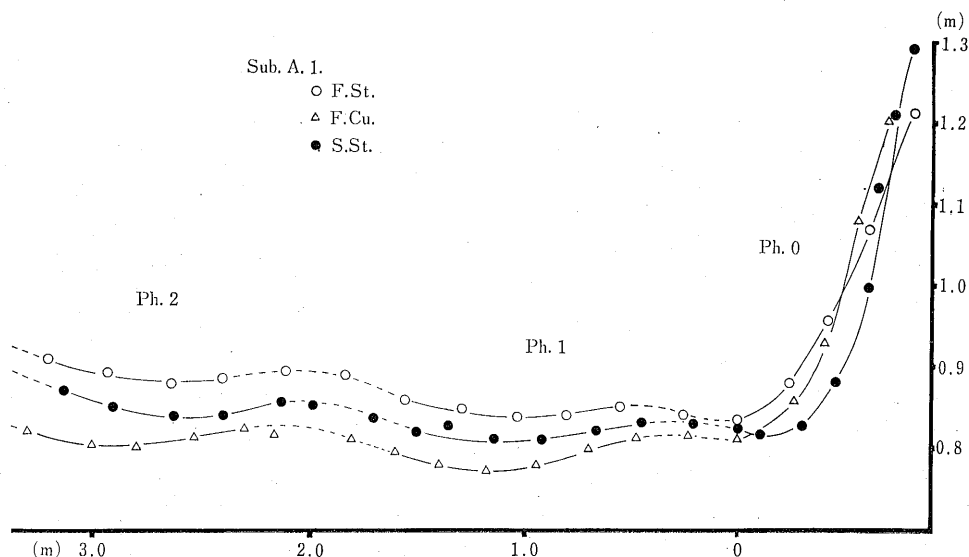


Fig. 4. Three Types of the C.G. Locus: The height of the center of gravity in curved approach is lower than in straight approach at preparatory phase (Ph. 1~Ph. 2).

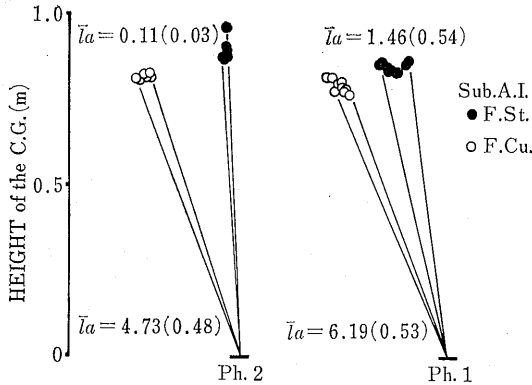


Fig. 5. Comparisons of inside lean (θ) and its effect la . cm: Both are greater in curved approach than in straight approach. Inside lean of F.St. shows that the approach is not perfectly straight, but the value of la . shows the effect of inside lean is small.

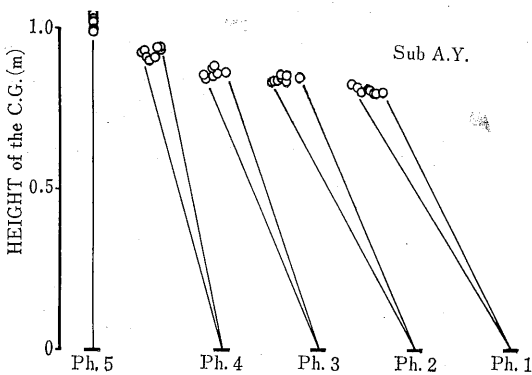


Fig. 6. Changes of inside lean and height of the C.G.: The inside lean increases gradually and showed the maximum value of 31.57 degrees at the first phase of the last step.

- ①踏切5歩前 (Ph. 5) から1歩前 (Ph. 1) まで重心は徐々に低下している。
- ②内傾角も同様に増大し、踏切1歩前の始めて最大値31.57度を示した。

Fig. 7 は、Sub. A.Y. の直線助走局面の踏切5歩前 (Ph. 5) とその後の曲線助走局面の重心高の差 lb 、及びそれに対する、内傾角によって生じた重心の低下距離 la の割合を示したものである。

- ①内傾角の増大に伴ない (Fig. 6) 内傾角によ

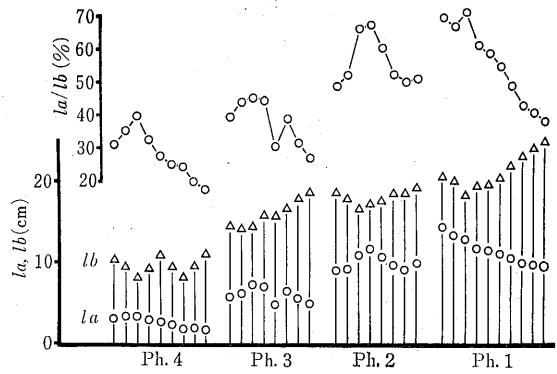


Fig. 7. Changes of la, lb and la/lb : As the inside lean increases (Fig. 6), the effect (la .) increases. la/lb shows the rate of the effect of the inside lean (la .) to the sink distance of the center of gravity from the straight part of approach to the curved part (lb .).

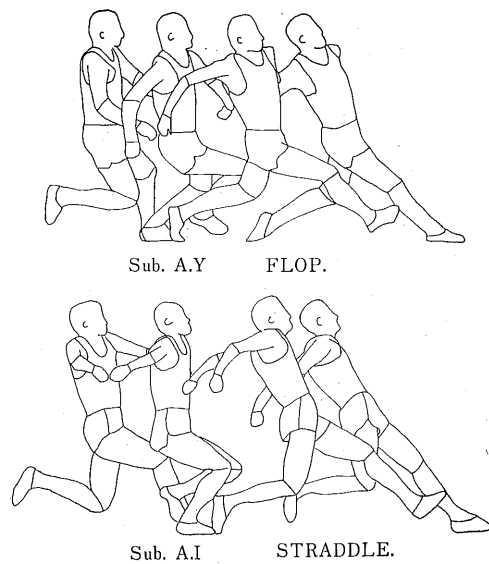


Fig. 8. Kinocyclograms of two styles of jumpers (Ph. 1~0): Different ways of foot placement are shown. In straddle the foot touches down farther after the body than in fosbury-flop with curved approach.

る重心の低下 la も増大している。 la の最大値は、踏切り1歩前で 28.85 cm を示した。

- ② lb は徐々に増大し踏切り1歩前 (Ph. 1) の終わりで最大値を示した。

③ lb が全体に占める割合, la/lb は徐々に増大し, 踏切2歩前から高い値を示している。

④ la/lb は踏切1歩前のはじめで最大値71.75%を示し後半では小さくなっている。その他の局面でも後半よりは前半で大きな値を示している。

これらのことは, 内傾による重心の低下が踏切1歩前～2歩前での踏切準備を効果的に行なうのに役立ち, Fig. 5の結果と比較すると, 鍛練者はこれよりうまく用いていることがわかる。

踏切1歩前の後半で lb が増加するのに la が小さくなっているのは, 前半では曲線の内側に傾いていたものが後半では前方に大きく踏み出し, これにより重心を低くしたままにしていることを示している。(Fig. 8)

2. 踏切準備局面における膝角度について

これ迄の結果より, 曲線助走を用いた時に生じる内傾角による重心の低下は, 踏切1歩前から2歩前で大きいことがわかった。直線助走では, 重心を低下させるために支持脚を屈する方法をとっているの, 重心を低くできた試技についてこの局面の膝角度を測定し比較した。(Fig. 9)

①曲線助走を用いた試技では, 直線助走を用いたものに比べ膝角度が大きい。

曲線助走を用いた試技より直線助走を用いたも

ののほうが重心が低かったことと考える。と, このことは, 曲線助走が踏切準備局面で膝をあまり屈せずに重心を低下させることのできる手段であると言えよう。

3. 助走速度の変化について

Fig. 10 は, 重心を低くすることのできた試技における, 踏切1歩前, 2歩前の2コマごとの速度, 及びそれぞれの局面の着地する瞬間の内傾角と後傾角を示したものである。

①曲線助走を用いた試技の接地の前半と後半の局面における速度にあまり大きな変動は見られなかった。

②直線助走を用いた試技では, 接地の前半の速度低下が著しい。

これらのことは, 踏切1歩前, 2歩前の接地中の前半で, 直線助走の場合にブレーキが大きく, 曲線助走では小さかったことを示している。

③踏切1歩前, 2歩前における着地する瞬間の内傾角は, 曲線助走を用いた試技のほうが直線助走の場合よりも大きく, 後傾角はその逆である。

ランニング中, からだのあまり前方に着地するとブレーキが大きくなることが知られている¹⁰⁾。直線助走を用いると内傾角が生じるため, からだの前よりも横に着地する (Fig. 8) ことにより重

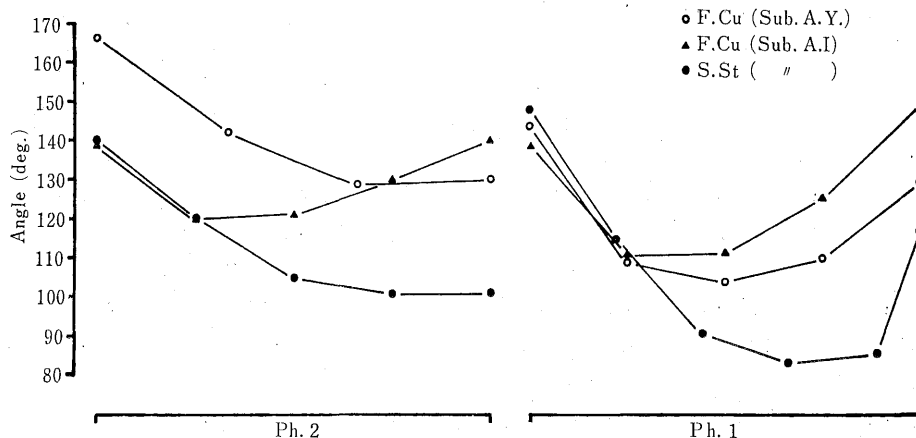


Fig. 9. Changes of the angle of knee flexion: The angle of knee flexion in curved approach is wider than in straight approach. This shows the opposite result to the height of the center of gravity (Fig. 4).

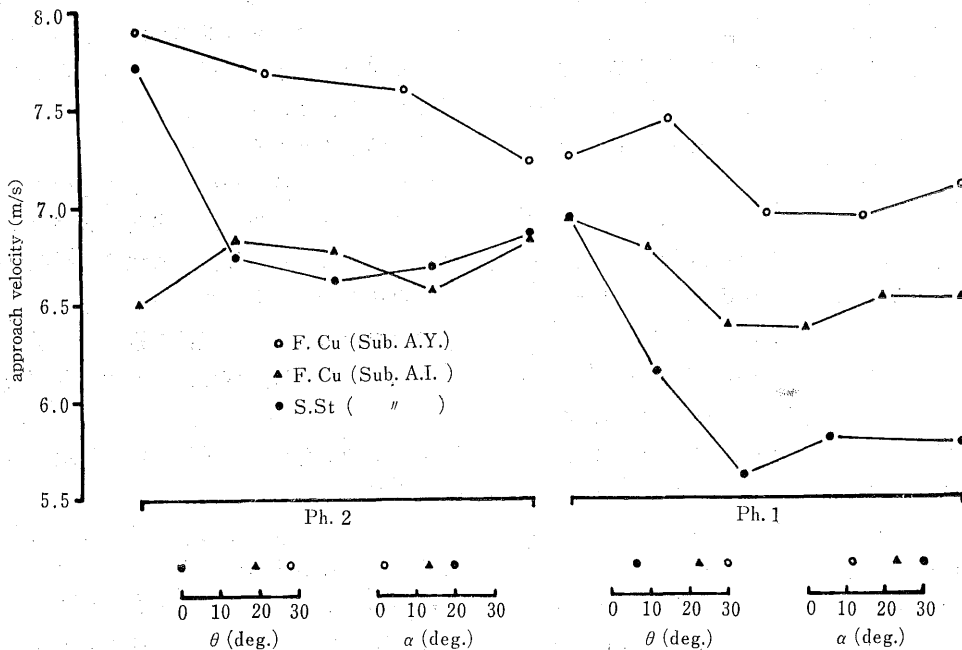


Fig. 10. In straddle with straight approach, inside lean (θ) is small and backward lean (α) is large, and the approach velocity decelerate apparently at first phase of both steps. Where backward lean is greater, inside lean is smaller. (Because the height of the center of gravity in straddle is nearer to fosbury-flop with curved approach, both styles are compared here).

心を低くできる。曲線助走のほうが踏切準備局面における、接地瞬間の後傾角が小さかったことと重心が低かったことを考え合わせると、曲線助走は重心を低くしながらも速度を低下させないための技術であると言えよう。

IV. まとめ

曲線助走が走高跳の踏切準備に与える影響を探るために、曲線助走を用いた背面跳と直線助走を用いたベリーロール、及び背面跳とを比較考察した。

- ①曲線助走では、直線助走の場合よりも、踏切準備局面であまり膝を屈せずに重心を低くすることができた。
- ②曲線助走による踏切準備局面で、疾走中の着地脚の膝角度が大きくても重心を低くできた原因は、曲線上を走ると曲線の内側に体が傾き(内傾)、それに伴って重心が低下するこ

とにある。

- ③曲線助走を用いた背面跳では、踏切準備局面で速度が低下せず、踏切りに高い速度で移ることができた。
- ④踏切準備局面での重心高が、曲線助走の場面と同程度になった、直線助走を用いたベリーロールでは、着地局面の前半で大きな速度低下が見られた。このことは、着地時のブレーキが大きかったことを示している。
- ⑤直線助走の踏切準備局面における、着地前半のブレーキが大きいの、重心を下げるために、支持足をからだのかなり前方で着地させているためである。曲線助走ではからだの横に着地するようにして、重心を下げているのでブレーキが小さい。

以上ことから、曲線助走が踏切準備に及ぼす効果は、からだ曲線の内側に傾くことによるもの(内傾効果)であることがわかる。曲線助走は、踏

切準備局面で、膝をあまり屈せずに重心を下げる
ことができ、接地局面での速度の低下を少なくす
ることのできる技術であると言えよう。したがっ
て、実際の跳躍と関連づけると、次のいくつかの
示唆を引き出すことができよう。

①背面跳の踏切準備では積極的に曲線助走を用
いるようにする必要がある。

②踏切準備局面での接地中における内傾角を大
きくするには、踏切準備局面で曲線走の半径
を小さくすること、速度を上げることの二つ
の方法がある。

③助走練習の手段として用いる曲線走¹³⁾では、
最後まで内傾を保っておくようにする。

④短助走による練習では助走速度が低いので、
いくぶん曲線の半径を小さくして行なう必要
があろう。

⑤踏切準備局面に先立つ踏切り4～5歩以上前
でも、曲線助走を行なうことが必要であると
する理由はないようである。

直線を走って重心を下げると速度が低下すると
同様に、重心高を考えなければ、曲線を走る場合
には、直線を走る場合より出し得る速度が小さく
なる。また、走高跳の助走では走幅跳の助走と違
って、疾走によって出し得る最大に近い速度を得
ることが要求されるわけではない。これらのこと
から、直線走における重心高、速度と、曲線走に
おける重心高、速度、曲線半径、内傾角などの関
係をさらに明らかにすること、曲線助走が踏切り
や空間フォームに与える影響を検討することなど
が必要である。

本研究にあたり、阿江通良氏に協力を得た。ここに記
して感謝します。

参 考 文 献

- 1) 足立長彦, 浅見俊雄, 戸刈晴彦, 菊地武道, 佐野
裕司: 背面跳の分析的研究, 東大教養学部, 体育
学紀要, No. 7, pp. 69-75, 1973.
- 2) 足立長彦: 背面跳についての私見, 陸上競技マガ
ジン, 25巻7号, p. 79, 1975.
- 3) Anzil, F., V. Bragagnola, and S. Zanon: Die
Lage der letzten Fußspuren beim bogenförmigen
Flop-Anlauf, Die Lehre der Leichtath-

- letik, Nr. 51/52, 24, pp. 1825, 1828-1829, 1973.
- 4) Beulke, H.: Der physikalische Sinn des bogen-
förmigen Anlaufs beim Fosbury-Flop, Die
Lehre der Leichtathletik, Nr. 51/52, 24, pp.
1823-1825, 1973.
- 5) Fix, D.: Why the Flop is better? Track
Technique, 12, pp. 1834-1836, 1974.
- 6) Hay, J.G.: Characteristics of the Flop, The
Athletic Journal, Vol. 54, mar., p. 10, 92, 1974.
- 7) Hay, J.G.: Straddle or Flop? Athletic Journal,
Vol. 55, (4), p. 8, 83-85, 1975.
- 8) Heinz, S.: Der bogenförmigen Anlauf beim
Fosbury-Flop, Die Lehre der Leichtathletik,
Nr. 6/7, pp. 233-236, 272, 1971.
- 9) Heinz, S.: Zu den ungeklärten Fragen des
Flops, Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 13,
22, pp. 485-488, 1971.
- 10) Kerssenbrock, K.: Zur Frage der Zentrifugal-
kraft beim Fosbury-Flop Die Lehre der Leicht-
athletik, Nr. 27, pp. 955-956, 1970.
- 11) Kerssenbrock, K.: Beiträge zur Analyse des
Fosbury-Flop, Die Lehre der Leichtathletik,
Nr. 36, pp. 1129-1132, 1971.
- 12) 金原 勇: 陸上競技 (フィールド編), 学芸出版
社, p. 10, 1958.
- 13) 金原 勇編: 陸上競技のコーチング(II) フィール
ド編, 大修館書店, pp. 14-19, 1976.
- 14) 金原 勇, 大西暁志, 阿江通良, 高松 薫: 走高
跳における助走踏切準備に関する 実験的研究, 昭
和49年度, 日本体育協会, スポーツ科学研究報告
No. III, 跳能力の向上, 第2次調査報告, pp. 61-
82, 1974.
- 15) 高等学校学習指導要領解説, 保健体育編, 文部省,
p. 47, 1972.
- 16) Kuhlrow, A.: A comparative Analysis of
Dynamic Take-off Features of Flop and Strad-
dle, Medicine and Sport, Vol. 8, Biomechanics
III, pp. 403-408 (Kager, Basel), 1973.
- 17) 三浦望慶, 池上康雄, 松井秀治: 部分及び合成重
心係数を用いた座標測定方式による合成重心の算
出, 体育の科学, Vol. 24 (8), pp. 517-522, 1974.
- 18) 大西暁志: 背面跳の助走はどのようにしたらいい
のだろう? 月刊陸上競技, 講談社, 25巻8号, pp.
159-163, 1975.
- 19) 小野勝次: ランニングフォーム, 講談社, p. 235,
1972.
- 20) 小野勝次: 陸上競技の技術, 講談社, p. 141,
1973.
- 21) オゾーリン, N.G.: 岡本正己(訳) コーチのため
の陸上競技, 講談社, p. 230, 1969.
- 22) Pratt, E.: Key Factors in the acceptance of
the Fosbury-Flop, Scholastic Coach, Feb, p. 21,
88, 1975.
- 23) 陸上競技マガジン, ベースボール・マガジン社, 6
月号, p. 61, 1957.

- 24) Ryan, F. J.: The Fosbury-Flop with Dwight Stones, Scholastic coach, mar., pp. 24-25, 92-95, 1976.
- 25) Steiner, H.: Zur Methodik des Fosbury-Flop, Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 29, pp. 1061-1064, 1971.
- 26) Vittori, C.: Für wenn Flop, Für wenn Wärs-technik?, Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 30, pp. 1281-1284, 1974.