

各種歩幅走行における 下肢関節の動きについて

荒川 勝彦

An Experimental Analysis on the Motion of Joints in the Lower
Extremity During Sprint Running with Various Stride Lengths

Katsuhiko ARAKAWA

Abstract

The purpose of this study was to examine the motion of the joints in the lower extremity during sprint running with various stride lengths.

The subjects for this study were eight athletes. The mean value of the right and left stride lengths at around the point 45 m from the start line in 60 m sprint running was expressed as 100%.

Twelve different stride lengths calculated from the mean value of the above mentioned two stride lengths, namely, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 97.5%, 102.5%, 105%, 110%, 115%, 120%, and 125% were selected for the present experiment.

Each subject was asked to run twelve differently marked 60 m distances, each of which was marked in white lines at equal intervals using one of the twelve stride lengths mentioned above as a unit. For this study, a high-speed 16 mm cinecamera with the frame rate set at 100 frames per second was used.

Following results were obtained.

1) The angle of hip flexion at touch down became less pronounced when the distance covered exceeded the target stride by 2.5% and 5% than the stride in regular sprinting. However, after the target stride was exceeded by 10% or more than the target stride, the angle of hip flexion increased in tandem with the increase in the stride. On the other hand, as the stride became shorter than was the stride in regular sprinting, the angle of hip flexion also tended to be less pronounced.

2) The angle of leg at touchdown tended to become slightly less pronounced as the stride became longer than the stride in regular sprinting, and as the stride became shorter than the stride in regular sprinting, the angle of leg tended to become slightly more pronounced.

3) The angle of hip extension at take off (in the latter half) tended to become slightly more pronounced as the stride became longer than the stride in regular sprinting. And as the stride became shorter than the stride in regular sprinting, the angle of hip extension tended to become less pronounced.

4) The angle of hip extension at take off (the former half+latter half) tended to become slightly more pronounced only when the stride became longer than the stride in regular sprinting.

5) More changes in the angle of hip extension at take off (the former half+the latter half) were caused by the angle of hip extension (in the latter half) than by the angle of hip extension at take off (in the former half).

I. 緒 言

これまで疾走フォームに関する研究は、数多く行われてきた。

疾走フォームの研究は、主に腕振り動作に着目したものの^{1),2)}と、下肢関節の動きに着目したものに分けられるが、疾走速度との相関関係が認められている下肢関節の動きについて多くの関心が払われてきた。

下肢関節の動きを対象とした研究は、走速度増加に

対応する下肢関節の動きについて検討したもの³⁾⁻⁵⁾, 鍛練者と非鍛練者の下肢関節の動きの違いを検討し, 合理的なフォームを追求しようとしたもの⁶⁾⁻⁹⁾, 最高速度の持続に関する下肢関節の動きについて検討したもの¹⁰⁾⁻¹²⁾などに分けられる。

しかし, 下肢関節の動きは, 走速度や疾走技術差, 疾走局面の諸要因だけでなく, 歩幅や歩数の要因によっても変わってくるものと考えられるので, 最高速度を発揮するという条件のもとで, 歩幅や歩数の増加に対応する下肢関節の動きについて検討することも必要であると考えられる。

そこで本研究では, 全力疾走時の歩幅を100%として, 75%から125%までの範囲に, 12種類の目標歩幅を実験的に設定し, 60mをそれぞれの目標歩幅で全力疾走した時の, 下肢関節の動きについて分析的に検討しようとするものである。

II. 研究方法

1) 被検者

被検者は, 短距離選手2名, 中距離選手4名, 投てき選手2名の計8名であった。被検者は, 健康な成人

男子で, いずれも大学陸上競技部に所属している者であった。被検者の身体的特徴を表1に示した。

2) 各種の目標歩幅の算出

被検者は, 10m助走からの60m全力疾走を1回行った。この時のスタートラインから45m地点を中心とした2歩の歩幅を測定し, 平均値を算出し, この値を100%とした。被検者は, 各種の目標歩幅として, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 97.5%, 102.5%, 105%, 110%, 115%, 120%, 125%の歩幅を算出した。表2に, 全被検者の各種の目標歩幅を示した。

3) 課題とした運動

各種の目標歩幅走行においては, 疾走距離60mは, 表2に示された目標歩幅で区切ってゆかれ白線で区画された。さらにスタートラインから後方10mに助走ラインが引かれた。

被検者は, 10mの助走から60mを表2に示された各種の目標歩幅で全力疾走することを課せられた。

4) 撮影方法及び撮影期間

スタートラインから45m地点通過時の走運動を16

Table 1. physical characteristics of subjects.

| Subjects | Age (yrs) | Height (cm) | Weight (kg) | 100 m Record (sec) | Career (yrs) | Athletic events |
|----------|-----------|-------------|-------------|--------------------|--------------|------------------------|
| K.A. | 28 | 171.0 | 63.5 | 10.9 | 10 | Sprinter |
| H.K. | 21 | 182.0 | 68.0 | 11.7 | 8 | Sprinter |
| H.O. | 21 | 173.0 | 54.0 | 11.9 | 8 | Middle distance runner |
| H.K. | 20 | 170.0 | 50.0 | 12.9 | 5 | Middle distance runner |
| M.T. | 20 | 171.0 | 58.5 | 12.4 | 5 | Middle distance runner |
| N.H. | 18 | 169.0 | 55.0 | 12.0 | 3 | Middle distance runner |
| H.Y. | 19 | 176.0 | 70.0 | 11.6 | 5 | Javeline thrower |
| H.S. | 18 | 173.0 | 64.0 | 12.0 | 3 | Javeline thrower |

Table 2. Marked stride length (m).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-------|------|------|------|------|------|-------|------|--------|------|------|------|------|------|
| K.A. | 1.59 | 1.70 | 1.80 | 1.91 | 2.01 | 2.07 | 2.12 | 2.17 | 2.23 | 2.33 | 2.44 | 2.54 | 2.65 |
| H.K. | 1.57 | 1.67 | 1.78 | 1.88 | 1.99 | 2.04 | 2.09 | 2.14 | 2.19 | 2.30 | 2.40 | 2.51 | 2.61 |
| H.O. | 1.61 | 1.71 | 1.82 | 1.93 | 2.03 | 2.09 | 2.14 | 2.19 | 2.25 | 2.35 | 2.46 | 2.57 | 2.68 |
| H.K. | 1.49 | 1.58 | 1.68 | 1.78 | 1.88 | 1.93 | 1.98 | 2.03 | 2.08 | 2.18 | 2.28 | 2.38 | 2.48 |
| M.T. | 1.68 | 1.79 | 1.90 | 2.02 | 2.13 | 2.18 | 2.24 | 2.30 | 2.35 | 2.46 | 2.58 | 2.69 | 2.80 |
| N.H. | 1.48 | 1.58 | 1.67 | 1.77 | 1.87 | 1.92 | 1.97 | 2.02 | 2.07 | 2.17 | 2.27 | 2.36 | 2.46 |
| H.Y. | 1.63 | 1.74 | 1.84 | 1.95 | 2.06 | 2.12 | 2.17 | 2.22 | 2.28 | 2.39 | 2.50 | 2.60 | 2.71 |
| H.S. | 1.55 | 1.65 | 1.75 | 1.85 | 1.96 | 2.01 | 2.06 | 2.11 | 2.16 | 2.27 | 2.37 | 2.47 | 2.58 |

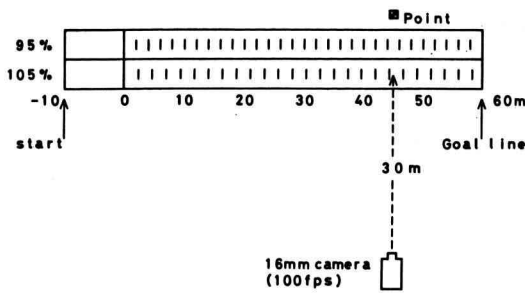


Fig. 1. Experimental design.

mm 高速度カメラで撮影した。被写体とレンズの距離は 30 m, レンズの高さは地面より 1 m, 撮影コマ数は毎秒 100 コマであった。

またフィルム分析上の効果を考え、各被検者には、黒のアンダータイツと黒のレオタードを着用させ、被検者の大転子点、膝関節中点、外果点に一辺 1.5 cm の正方形の白いテープをはりつけた。

図 1 に実験模式図を示した。

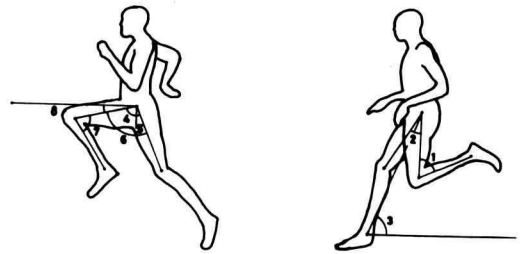
撮影は、正規の全力疾走撮影を第 1 日目に行い、翌日から 1 日につき 2 種類の歩幅走行を撮影していった。撮影順序は、97.5% と 102.5%, 95% と 105% の目標歩幅走行というように対にした形式で行った。撮影期間は、昭和 58 年 9 月 29 日から 10 月 29 日の期間であり、撮影は、無風快晴の日を選んで行った。

5) フィルム分析項目

フィルム分析は、モーションアナライザーで行った。スタートラインから 45 m 地点通過時の左右 2 歩の走運動を分析の対象とした。

下肢関節の動作分析は、接地瞬間時と離地瞬間時について試み、分析項目は、次の 8 項目であった。

1. 接地瞬間時下腿の巻き込み角度
2. 接地瞬間時股関節角度



1. Angle of knee flexion at touchdown.
2. Angle of hip flexion at touchdown.
3. Angle of leg at touchdown.
4. Angle of hip extension at takeoff (the former half)
5. Angle of hip extension at takeoff (the latter half)
6. Angle of hip extension at takeoff (the former half+the latter half)
7. Angle of knee extension at takeoff.
8. Angle of leg lift at takeoff.

Fig. 2. The illustration of angular measurement.

3. 接地瞬間時脚の角度
 4. 離地瞬間時の大腿角度 (前半)
 5. 離地瞬間時の大腿角度 (後半)
 6. 離地瞬間時の股関節角度
 7. 離地瞬間時の膝角度
 8. 離地瞬間時大腿の引き上げ角度
- 股関節角度については、右脚を基準とし、右脚より左脚が前方にある場合にはプラス、後方にある場合にはマイナスとした。

角度測定の様式図を、図 2 に示した。

III. 実験結果及び考察

1) 歩幅

各被検者は、表 2 に示された各種の目標歩幅で走る

Table 3. Difference between measured stride length and marked stride length (cm).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-------|------|-------|------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| K.A. | 4.5 | 2.0 | 3.0 | 1.5 | 2.0 | -0.5 | -3.5 | -0.5 | -6.0 | -14.0 | -7.5 | -7.0 |
| H.K. | 1.0 | 11.0 | 4.0 | -0.5 | -4.0 | -3.0 | 10.5 | 2.0 | 1.0 | 5.0 | 1.0 | 3.5 |
| H.O. | 0 | -2.0 | -3.0 | 0.5 | -2.0 | -2.5 | 4.5 | -5.0 | 1.0 | -0.5 | 4.0 | -3.5 |
| H.K. | 1.5 | -1.5 | -0.5 | 1.0 | 2.5 | 0 | 1.0 | -1.5 | 6.0 | -0.5 | -5.0 | -23.0 |
| M.T. | 1.5 | -10.0 | 0 | -1.5 | 2.5 | 0 | 2.5 | -3.0 | 3.0 | -4.5 | -6.0 | -16.5 |
| N.H. | 32.5 | 29.5 | -5.0 | -1.0 | -1.0 | 4.0 | 7.0 | -6.0 | -11.0 | 2.0 | -4.0 | -18.5 |
| H.Y. | 2.5 | -1.5 | 2.0 | -1.0 | -0.5 | -0.5 | 10.5 | 12.0 | 3.5 | -7.0 | -13.5 | -22.0 |
| H.S. | -0.5 | 3.0 | -3.0 | 2.5 | -10.0 | 3.0 | 3.0 | -2.0 | 4.5 | -11.5 | -18.0 | -22.0 |

Table 4. Difference between right stride length and left stride length (m).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|--------|------|------|------|------|------|
| K.A. | 7 | 2 | 6 | 7 | 6 | 5 | 8 | 5 | 5 | 16 | 40 | 53 | 40 |
| H.K. | 6 | 14 | 2 | 3 | 4 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 2 | 16 | 8 | 17 |
| H.O. | 4 | 0 | 6 | 1 | 8 | 11 | 7 | 11 | 20 | 6 | 9 | 8 | 11 |
| H.K. | 5 | 13 | 5 | 2 | 1 | 10 | 8 | 0 | 13 | 12 | 31 | 14 | 20 |
| M.T. | 7 | 10 | 2 | 21 | 1 | 10 | 11 | 21 | 42 | 12 | 17 | 16 | 23 |
| N.H. | 3 | 29 | 10 | 6 | 2 | 4 | 3 | 10 | 4 | 2 | 2 | 8 | 15 |
| H.Y. | 5 | 3 | 2 | 4 | 1 | 9 | 3 | 15 | 6 | 3 | 14 | 3 | 0 |
| H.S. | 9 | 18 | 2 | 3 | 2 | 4 | 10 | 4 | 12 | 11 | 5 | 2 | 0 |

Table 5. Group means and paired t-test results for angle of knee flexion at touchdown (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| K.A. | 56.2 | 40.4 | 40.1 | 32.8 | 35.7 | 50.4 | 40.7 | 38.8 | 29.9 | 49.3 | 53.8 | 59.8 | 72.4 |
| H.K. | 80.5 | 66.9 | 52.5 | 57.4 | 37.8 | 42.0 | 38.9 | 35.6 | 36.4 | 31.7 | 39.7 | 40.1 | 43.7 |
| H.O. | 63.9 | 66.1 | 54.6 | 52.2 | 42.7 | 45.9 | 35.3 | 41.7 | 39.9 | 47.5 | 34.4 | 39.8 | 51.1 |
| H.K. | 96.2 | 84.2 | 71.7 | 59.4 | 52.6 | 63.1 | 49.6 | 49.0 | 50.0 | 57.0 | 46.1 | 93.5 | 75.8 |
| M.T. | 51.7 | 35.1 | 49.5 | 30.4 | 26.5 | 37.7 | 28.4 | 23.9 | 33.8 | 36.8 | 84.4 | 55.9 | 94.0 |
| N.H. | 46.3 | 46.6 | 68.2 | 55.2 | 56.3 | 51.3 | 49.6 | 45.7 | 42.4 | 45.4 | 68.5 | 67.1 | 53.9 |
| H.Y. | 40.5 | 46.7 | 51.7 | 29.4 | 46.8 | 39.6 | 43.6 | 38.2 | 39.8 | 30.5 | 42.4 | 40.9 | 45.4 |
| H.S. | 64.5 | 63.7 | 54.7 | 44.8 | 46.9 | 35.0 | 35.3 | 35.0 | 31.3 | 30.8 | 29.9 | 31.4 | 32.2 |
| \bar{x} | 62.5 | 56.2 | 55.4 | 45.2 | 43.2 | 45.6 | 40.2 | 38.5 | 37.9 | 41.1 | 49.9 | 53.6 | 58.6 |
| S.D. | (18.4) | (16.6) | (10.2) | (12.7) | (9.6) | (9.1) | (7.3) | (7.6) | (6.6) | (10.0) | (18.4) | (20.2) | (20.4) |
| t | 3.375* | 2.876* | 5.479** | 1.242 | 1.537 | 2.500* | — | 1.278 | 1.142 | 0.290 | 1.340 | 2.264 | 2.296 |

* P<0.05, ** P<0.01

ことができなかった。目標歩幅とスパイク跡から実測した歩幅との誤差を表3に示した。

歩幅が115%, 120%, 125%と大きくなるにしたがい、マイナス方向の誤差が大きくなるという傾向を示した。すなわち各被検者は、白線で区画された目標歩幅よりも短い歩幅でしか走ることができなかった。

表4に、目標歩幅走行における歩幅の左右差を示した。

各被検者の歩幅の左右差は、目標歩幅ごとでさまざまな値であったが、目標歩幅が115%, 120%, 125%と大きくなるにつれて、歩幅の左右差も大きくなる傾向を示した。

2) 接地瞬間時下腿の巻き込み角度

表5に、被検者8名についての、各種の目標歩幅走行における接地瞬間時下腿の巻き込み角度を示した。さらに、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における、接地瞬間時下腿の巻き込み角度についての有意差検定結果を示した。

接地瞬間時下腿の巻き込み角度についての有意差検定結果では、75%, 80%, 85%, 97.5%の目標歩幅走行において有意な増加が認められた。

平均値から各種の目標歩幅走行における下腿の巻き込み角度の変化をみると、102.5%と105%の目標歩幅走行で、正規の全力疾走時よりも下腿の巻き込み角度が減少していた。このことは、正規の全力疾走時よりも膝の屈曲が十分なされていることを示していると考えられる。

全体としては、105%の目標歩幅走行の値を中心としたV字型を示し、97.5%以下、及び110%以上の目標歩幅走行においては、歩幅の漸次増減にともない、接地瞬間時下腿の巻き込み角度も増加して行く傾向を示した。

3) 接地瞬間時股関節角度

表6に、被検者8名についての、各種の目標歩幅走行における接地瞬間時股関節角度を示した。さらに、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における、接

Table 6. Group means and paired t-test results for angle of hip flexion at touch down (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| K.A. | 5.8 | 9.1 | 4.3 | -10.8 | -31.9 | -48.5 | -43.2 | -46.0 | -31.8 | -61.4 | -63.0 | -76.4 | -55.0 |
| H.K. | -15.0 | -19.3 | -11.2 | -10.3 | -5.3 | -23.0 | -29.0 | -28.4 | -31.3 | -20.5 | -25.5 | -31.2 | -48.6 |
| H.O. | -5.4 | -21.0 | -23.1 | -43.5 | -38.0 | -44.7 | -34.3 | -46.7 | -41.7 | -51.8 | -33.6 | -52.5 | -53.4 |
| H.K. | -33.8 | -33.5 | -25.3 | -25.5 | -15.8 | -39.9 | -32.6 | -33.7 | -26.5 | -55.2 | -55.9 | -70.5 | -61.7 |
| M.T. | -20.4 | -21.8 | -17.2 | -18.7 | -1.7 | -40.2 | -29.8 | -12.9 | -28.9 | -31.5 | -41.1 | -45.5 | -40.2 |
| N.H. | -18.4 | -48.8 | -20.5 | -39.1 | -45.1 | -48.0 | -54.1 | -47.4 | -49.4 | -43.5 | -40.4 | -38.4 | -48.7 |
| H.Y. | -0.6 | 12.1 | 15.3 | -9.0 | -47.6 | -28.4 | -54.0 | -39.0 | -37.7 | -39.3 | -35.7 | -37.9 | -44.9 |
| H.S. | -17.8 | -17.8 | -20.7 | -24.6 | -20.6 | -20.8 | -32.6 | -25.3 | -21.0 | -39.2 | -36.7 | -38.8 | -31.5 |
| \bar{x} | -13.2 | -17.6 | -12.3 | -22.7 | -25.8 | -36.7 | -38.7 | -34.9 | -33.5 | -42.8 | -41.5 | -48.9 | -48.0 |
| S.D. | (12.6) | (20.2) | (14.6) | (13.2) | (17.6) | (11.1) | (10.4) | (12.3) | (9.0) | (13.3) | (12.2) | (16.4) | (9.3) |
| t | 3.696** | 2.453* | 3.384* | 2.734* | 3.665** | 0.447 | — | 1.103 | 1.867 | 0.803 | 0.530 | 1.434 | 1.957 |

* P<0.05, ** P<0.01

Table 7. Group means and paired t-test results for angle of leg at touchdown (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|---------|
| K.A. | 78.6 | 76.6 | 72.3 | 75.1 | 71.7 | 66.1 | 68.1 | 69.8 | 77.3 | 67.4 | 63.4 | 60.8 | 64.1 |
| H.K. | 77.8 | 74.8 | 78.9 | 76.3 | 80.8 | 75.3 | 76.9 | 71.1 | 69.6 | 78.4 | 70.4 | 74.3 | 64.0 |
| H.O. | 82.6 | 80.5 | 76.3 | 73.9 | 77.5 | 75.7 | 75.4 | 70.7 | 76.9 | 72.1 | 78.7 | 67.6 | 67.3 |
| H.K. | 75.4 | 71.7 | 74.5 | 74.8 | 77.8 | 70.1 | 73.7 | 76.4 | 76.2 | 67.2 | 65.7 | 62.1 | 65.5 |
| M.T. | 69.3 | 70.0 | 75.3 | 67.2 | 75.1 | 67.2 | 72.1 | 74.6 | 67.6 | 69.2 | 67.5 | 60.5 | 69.7 |
| N.H. | 77.1 | 77.4 | 77.9 | 77.5 | 72.4 | 72.3 | 70.0 | 70.6 | 70.5 | 72.4 | 68.9 | 70.5 | 67.6 |
| H.Y. | 72.7 | 78.2 | 78.4 | 80.2 | 69.8 | 79.8 | 68.7 | 75.5 | 74.1 | 76.4 | 70.2 | 66.6 | 67.4 |
| H.S. | 76.8 | 76.4 | 75.0 | 73.4 | 80.1 | 76.4 | 74.9 | 72.2 | 77.1 | 68.4 | 68.3 | 68.2 | 69.1 |
| \bar{x} | 76.3 | 75.7 | 76.1 | 74.8 | 75.7 | 72.9 | 72.5 | 72.6 | 73.7 | 71.4 | 69.1 | 66.3 | 66.8 |
| S.D. | (4.0) | (3.4) | (2.2) | (3.8) | (4.1) | (4.8) | (3.3) | (2.5) | (3.9) | (4.2) | (4.5) | (4.9) | (2.1) |
| t | 2.520* | 1.809 | 2.902* | 1.149 | 6.982** | 0.222 | — | 0.093 | 0.647 | 0.610 | 2.298 | 3.932** | 4.064** |

* P<0.05, ** P<0.01

地瞬間時股関節角度についての有意差検定結果を示した。

接地瞬間時股関節角度についての有意差検定結果では、75%、80%、85%、90%、95%、の目標歩幅走行において有意な減少が認められた。

平均値から、各種の目標歩幅走行における、接地瞬間時股関節角度の変化をみると、歩幅の漸次増減に対して規則的な変化を示した。

102.5%、105%の目標歩幅走行における股関節角度は、正規の全力疾走時よりも減少していたが、110%以上の目標歩幅走行からは、歩幅が増加して行くにしたがって、股関節角度も増加して行く傾向を示した。一方、歩幅が全力疾走時よりも短くなって行くにしたがって、股関節角度も減少して行く傾向を示した。

接地瞬間時股関節角度が小さいことは、遊脚大腿の

支持脚への引きつけがすばやい結果であると解釈される。したがって、本研究の結果は、歩幅が短くなるにしたがって、遊脚大腿の支持脚への引きつけがはやくなり、歩幅が増加するにしたがって遊脚大腿の支持脚への引きつけが遅れてくることを意味していると考えられる。

4) 接地瞬間時脚の角度

表7に、被検者8名についての、各種の目標歩幅走行における、接地瞬間時脚の角度を示した。さらに、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における接地瞬間時脚の角度についての有意差検定結果を示した。

接地瞬間時脚の角度についての有意差検定結果では、75%、85%、95%の目標歩幅走行において有意な増加が認められた。一方、120%、125%の目標歩幅走行

Table 8. Group means and paired t-test results for angle of hip extension at take off [the former half] (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| K.A. | 70.6 | 77.0 | 72.3 | 80.7 | 59.9 | 65.4 | 58.9 | 60.1 | 59.0 | 59.0 | 56.5 | 49.6 | 51.7 |
| H.K. | 51.0 | 63.3 | 64.1 | 61.4 | 66.9 | 56.9 | 50.4 | 63.8 | 64.3 | 62.5 | 66.6 | 78.6 | 62.7 |
| H.O. | 54.3 | 49.0 | 58.2 | 48.0 | 51.9 | 58.3 | 55.5 | 61.4 | 53.7 | 58.1 | 63.3 | 65.5 | 67.6 |
| H.K. | 43.4 | 49.6 | 54.3 | 56.1 | 61.4 | 57.4 | 58.2 | 57.0 | 59.2 | 54.9 | 62.6 | 55.9 | 57.4 |
| M.T. | 81.5 | 74.0 | 81.6 | 84.8 | 82.5 | 76.9 | 70.3 | 75.8 | 75.1 | 75.0 | 64.8 | 72.6 | 59.2 |
| N.H. | 66.4 | 42.0 | 51.9 | 43.1 | 50.8 | 50.7 | 52.3 | 52.3 | 51.8 | 51.8 | 50.9 | 52.2 | 55.1 |
| H.Y. | 77.7 | 81.8 | 79.1 | 68.4 | 54.8 | 59.3 | 55.3 | 56.8 | 59.4 | 50.2 | 59.3 | 58.1 | 52.3 |
| H.S. | 60.0 | 60.3 | 64.9 | 66.8 | 55.8 | 69.5 | 62.5 | 78.2 | 60.3 | 66.1 | 69.7 | 68.2 | 72.1 |
| \bar{x} | 63.1 | 62.1 | 65.8 | 63.7 | 60.5 | 61.8 | 57.9 | 63.2 | 60.4 | 59.7 | 61.7 | 62.6 | 59.8 |
| S.D. | (13.3) | (14.6) | (11.1) | (14.6) | (10.3) | (8.3) | (6.3) | (9.2) | (7.1) | (8.1) | (6.0) | (10.3) | (7.3) |
| t | 1.246 | 0.873 | 2.426 | 1.464 | 0.928 | 3.185* | — | 2.388 | 1.338 | 0.952 | 1.557 | 1.200 | 0.603 |

* P<0.05

Table 9. Group means and paired t-test results for angle of hip extension at take off [the latter half] (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|
| K.A. | 33.1 | 34.7 | 40.7 | 39.8 | 32.8 | 43.7 | 36.8 | 38.5 | 50.9 | 44.4 | 45.6 | 49.0 | 43.7 |
| H.K. | 22.5 | 30.0 | 31.3 | 31.9 | 33.1 | 34.3 | 30.7 | 34.2 | 35.2 | 36.7 | 33.5 | 29.0 | 35.6 |
| H.O. | 24.1 | 33.2 | 37.0 | 37.5 | 43.1 | 40.5 | 38.6 | 45.3 | 43.1 | 46.2 | 41.8 | 42.3 | 45.8 |
| H.K. | 30.5 | 25.4 | 31.8 | 32.4 | 32.0 | 36.3 | 40.0 | 38.0 | 33.8 | 36.2 | 41.0 | 48.2 | 45.1 |
| M.T. | 28.4 | 18.1 | 27.0 | 26.5 | 38.6 | 29.5 | 34.8 | 40.7 | 36.6 | 32.9 | 43.0 | 38.9 | 40.6 |
| N.H. | 31.3 | 31.5 | 25.2 | 26.2 | 26.1 | 40.7 | 33.7 | 36.2 | 31.7 | 37.1 | 37.2 | 40.0 | 36.5 |
| H.Y. | 23.4 | 23.2 | 28.3 | 29.4 | 31.4 | 26.4 | 35.8 | 35.8 | 38.9 | 37.3 | 37.0 | 35.0 | 40.1 |
| H.S. | 27.4 | 28.7 | 35.3 | 33.4 | 32.1 | 37.7 | 35.0 | 19.2 | 28.6 | 29.2 | 26.5 | 31.4 | 34.4 |
| \bar{x} | 27.6 | 28.1 | 32.1 | 32.1 | 34.9 | 36.1 | 35.7 | 36.0 | 37.4 | 37.5 | 38.2 | 39.2 | 40.2 |
| S.D. | (3.9) | (5.6) | (5.3) | (4.8) | (4.1) | (5.9) | (2.9) | (7.6) | (7.0) | (5.6) | (6.1) | (7.3) | (4.4) |
| t | 5.618** | 3.459* | 2.059 | 2.297 | 0.490 | 0.218 | — | 0.119 | 0.719 | 0.976 | 1.327 | 0.843 | 5.065** |

* P<0.05, ** P<0.01

においては有意な減少が認められた。

平均値から、各種の目標歩幅走行における接地瞬間時脚の角度の変化をみると、歩幅の漸次増減に対して規則的な変化を示した。

歩幅が正規の全力疾走時よりも増加して行くにしたがって、脚の角度はわずかず減少して行く傾向を示した。一方、歩幅が正規の全力疾走よりも短くなるにしたがって脚の角度はわずかず増加して行く傾向を示した。

D.E. Deshon ら⁷⁾は、接地瞬間時脚の角度の減少は、走速度を減少させる傾向にあることを述べている。

本研究で、接地瞬間時脚の角度の有意な減少が認められた、120%、125%の目標歩幅走行においては、着地の際にブレーキの作用が働いているものと推察される。

5) 離地瞬間時の大腿角度(前半)

表8に、被検者8名についての、各種の目標歩幅走行における離地瞬間時の大腿角度(前半)を示した。さらに、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における離地瞬間時の大腿角度(前半)についての有意差検定結果を示した。

離地瞬間時の大腿角度(前半)についての有意差検定結果では、97.5%の目標歩幅走行でのみ有意な増加が認められた。

平均値から、各種の目標歩幅走行における大腿角度(前半)の変化をみると、全ての目標歩幅走行で、正規の全力疾走時よりもわずかに増加していた。歩幅の漸次増減に対する規則性はみられず、全ての目標歩幅走行において、増加率はほぼ同じであった。

Table 10. Group means and paired t-test results for angle of hip extension [the former half+the latter half] (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| K.A. | 103.7 | 111.7 | 113.0 | 120.5 | 92.7 | 109.1 | 95.7 | 98.6 | 109.9 | 103.4 | 102.1 | 98.6 | 95.4 |
| H.K. | 73.5 | 93.3 | 95.4 | 93.3 | 100.0 | 91.2 | 81.1 | 98.0 | 99.5 | 99.2 | 100.1 | 107.6 | 98.3 |
| H.O. | 78.4 | 82.2 | 95.2 | 85.5 | 95.0 | 98.8 | 94.1 | 106.7 | 96.8 | 104.3 | 105.1 | 107.8 | 113.4 |
| H.K. | 73.9 | 75.0 | 86.1 | 88.5 | 93.4 | 93.7 | 98.2 | 95.0 | 93.0 | 91.1 | 103.6 | 104.1 | 102.5 |
| M.T. | 109.9 | 92.1 | 108.6 | 111.3 | 121.1 | 106.4 | 105.1 | 116.5 | 111.7 | 107.9 | 107.8 | 111.5 | 99.8 |
| N.H. | 97.7 | 73.5 | 77.1 | 69.3 | 86.9 | 91.4 | 86.0 | 88.5 | 83.5 | 88.9 | 88.1 | 92.2 | 91.6 |
| H.Y. | 101.1 | 105.0 | 107.4 | 97.8 | 86.2 | 85.7 | 91.1 | 92.6 | 98.3 | 87.5 | 96.3 | 93.1 | 92.4 |
| H.S. | 87.4 | 89.0 | 100.2 | 100.2 | 87.9 | 107.2 | 97.5 | 97.4 | 88.9 | 95.3 | 96.2 | 99.6 | 106.5 |
| \bar{x} | 90.7 | 90.2 | 97.9 | 95.8 | 95.4 | 97.9 | 93.6 | 99.2 | 97.7 | 97.2 | 99.9 | 101.8 | 100 |
| S.D. | (14.3) | (13.5) | (12.1) | (15.8) | (11.4) | (8.8) | (7.5) | (8.8) | (9.6) | (7.7) | (6.3) | (7.1) | (7.4) |
| t | 0.613 | 0.639 | 1.091 | 0.463 | 0.496 | 1.778 | — | 2,227 | 1,237 | 1,240 | 2,849* | 2,797* | 2,136 |

* P<0.05

Table 11. Group means and paired t-test results for angle of Knee extension at take off (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|--------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|---------|
| K.A. | 60.7 | 71.1 | 65.1 | 49.5 | 49.3 | 46.7 | 59.3 | 43.5 | 62.8 | 63.1 | 82.7 | 71.6 | 80.2 |
| H.K. | 86.8 | 69.6 | 64.9 | 70.5 | 58.6 | 56.5 | 41.4 | 56.6 | 50.1 | 49.9 | 60.3 | 51.7 | 62.7 |
| H.O. | 79.0 | 72.5 | 73.3 | 53.6 | 58.1 | 56.0 | 49.4 | 58.2 | 58.5 | 54.6 | 57.7 | 68.5 | 55.5 |
| H.K. | 105.5 | 93.1 | 94.6 | 71.3 | 80.9 | 80.7 | 70.8 | 84.3 | 65.9 | 69.1 | 82.5 | 89.6 | 86.9 |
| M.T. | 59.5 | 65.8 | 55.0 | 68.5 | 70.8 | 54.1 | 54.4 | 68.9 | 61.0 | 63.7 | 76.7 | 63.4 | 84.0 |
| N.H. | 81.4 | 59.0 | 71.2 | 50.9 | 70.0 | 72.3 | 76.4 | 73.7 | 58.4 | 65.1 | 102.6 | 107.2 | 80.5 |
| H.Y. | 66.9 | 91.6 | 83.9 | 59.4 | 49.5 | 50.8 | 63.9 | 63.8 | 63.1 | 89.3 | 91.7 | 93.2 | 102.2 |
| H.S. | 73.0 | 75.5 | 65.2 | 60.3 | 74.0 | 53.5 | 58.1 | 51.1 | 77.4 | 55.5 | 55.8 | 65.7 | 75.8 |
| \bar{x} | 76.6 | 74.8 | 71.7 | 60.5 | 63.9 | 58.8 | 59.2 | 62.5 | 62.2 | 63.8 | 76.3 | 76.4 | 78.5 |
| S.D. | (15.2) | (11.9) | (12.5) | (8.8) | (11.7) | (11.6) | (11.3) | (13.0) | (7.8) | (12.1) | (17.0) | (18.5) | (14.4) |
| t | 2.478* | 2.984* | 3.013** | 0.228 | 1.029 | 0.110 | — | 0.814 | 0.763 | 1.206 | 4.672** | 5.398** | 4.836** |

* P<0.05, ** P<0.01

6) 離地瞬間時の大腿角度 (後半)

表9に、被検者8名についての、各種の目標歩幅走行における、離地瞬間時の大腿角度 (後半) を示した。さらに、正規の全力疾走時とそれぞれの目標歩幅走行における離地瞬間時の大腿角度 (後半) についての有意差検定結果を示した。

離地瞬間時の大腿角度 (後半) についての有意差検定結果では、75%、80% の目標歩幅走行において有意な減少が認められた。一方、125% の目標歩幅走行においては、有意な増加が認められた。

平均値から、各種の目標歩幅走行における離地瞬間時の大腿角度 (後半) の変化をみると、歩幅の漸次増減に対して規則的な変化を示した。

歩幅が正規の全力疾走時よりも増加して行くにした

がって、大腿角度 (後半) は、わずかずつ増加して行く傾向を示した。一方、歩幅が正規の全力疾走よりも短くなるにしたがって、大腿角度 (後半) は、わずかずつ減少して行く傾向を示した。

7) 離地瞬間時の股関節角度

表10に、被検者8名についての、各種の目標歩幅走行における離地瞬間時の股関節角度を示した。さらに、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における離地瞬間時の股関節角度についての有意差検定結果を示した。

離地瞬間時の股関節角度についての有意差検定結果では、115%、120% の目標歩幅走行において有意な増加が認められた。

平均値から、各種の目標歩幅走行における離地瞬間

Table 12. Group means and paired t-test results for angle of leg Lift at take off (degree).

| Subj. | 75% | 80% | 85% | 90% | 95% | 97.5% | 100% | 102.5% | 105% | 110% | 115% | 120% | 125% |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| K.A. | 19.4 | 13.1 | 17.7 | 9.3 | 30.1 | 24.6 | 31.1 | 29.9 | 31.0 | 31.0 | 33.5 | 40.5 | 38.3 |
| H.K. | 39.0 | 26.7 | 25.9 | 28.6 | 23.1 | 33.2 | 39.7 | 26.2 | 25.7 | 27.6 | 23.5 | 11.4 | 27.3 |
| H.O. | 35.8 | 41.0 | 31.8 | 42.0 | 38.1 | 31.7 | 34.5 | 28.6 | 36.3 | 31.9 | 26.7 | 24.5 | 22.4 |
| H.K. | 46.6 | 40.4 | 35.7 | 33.9 | 28.6 | 32.6 | 31.8 | 33.0 | 30.8 | 35.2 | 27.4 | 34.1 | 32.6 |
| M.T. | 8.5 | 16.0 | 8.5 | 5.2 | 7.5 | 13.1 | 19.7 | 14.2 | 14.9 | 15.0 | 25.2 | 17.4 | 30.8 |
| N.H. | 23.6 | 48.0 | 38.1 | 46.9 | 39.2 | 39.3 | 37.7 | 37.7 | 38.2 | 38.2 | 39.1 | 37.9 | 34.9 |
| H.Y. | 12.3 | 8.2 | 10.9 | 21.6 | 35.2 | 30.7 | 34.7 | 33.2 | 30.7 | 39.8 | 30.7 | 31.9 | 37.7 |
| H.S. | 30.0 | 29.7 | 25.1 | 23.2 | 34.2 | 20.5 | 27.5 | 11.8 | 29.7 | 23.9 | 20.3 | 21.8 | 17.9 |
| \bar{x} | 26.9 | 27.9 | 24.2 | 26.3 | 29.5 | 28.2 | 32.1 | 26.8 | 29.7 | 30.3 | 28.3 | 27.4 | 30.2 |
| S.D. | (13.3) | (14.6) | (11.0) | (14.6) | (10.3) | (8.3) | (6.3) | (9.2) | (7.1) | (8.1) | (6.0) | (10.3) | (7.3) |
| t | 1.246 | 0.873 | 2.425* | 1.463 | 0.925 | 3.185* | — | 2.381* | 1.279 | 0.950 | 1.557 | 1.194 | 0.602 |

* P<0.05

時の股関節角度の変化をみてみると、歩幅が正規の全力疾走時よりも増加して行くにしたがって、股関節角度はわずかずつ増加して行く傾向を示した。この結果は、離地瞬間時の大腿角度（前半）よりも、離地瞬間時の大腿角度（後半）に近似する面が大きいと考えられる。一方、歩幅が正規の全力疾走時よりも短くなると、75%、80%の目標歩幅走行で、正規の全力疾走時よりも減少していたが、その他の目標歩幅走行では、正規の全力疾走時よりもわずかに増加していた。

8) 離地瞬間時の膝角度

表 11 に、被検者 8 名についての、各種の目標歩幅走行における離地瞬間時の膝角度を示した。さらに正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における離地瞬間時の膝角度についての有意差検定結果を示した。

離地瞬間時の膝角度についての有意差検定結果では、75%、80%、85%、115%、120%、125%の目標歩幅走行において有意な増加が認められた。

平均値から、各種の目標歩幅走行における、離地瞬間時の膝角度をみてみると、97.5%と正規の全力疾走時の値を中心とした V 字型を示し、歩幅の漸次増減に対し膝角度が増加して行く傾向を示した。

9) 離地瞬間時大腿の引き上げ角度

表 12 に、8 名の被検者についての、各種の目標歩幅走行における離地瞬間時大腿の引き上げ角度を示した。さらに正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における離地瞬間時大腿の引き上げ角度についての有意差検定結果を示した。

離地瞬間時大腿の引き上げ角度についての有意差検

定結果では、97.5%と102.5%の目標歩幅走行において、大腿が有意に引き上げられている結果が認められた。

平均値から、各種の目標歩幅走行における大腿の引き上げ角度をみてみると、全ての目標歩幅走行で、正規の全力疾走時よりも高い大腿の引き上げがみられた。

IV. 要 約

本研究では、16 mm 撮影法を用い、各種の目標歩幅走行における下肢関節の動きについて検討した。目標歩幅は、全力疾走歩幅を100%として、75%から125%までの範囲に、等差級的に12種類が設定された。歩幅の漸次増減に対し、規則的な変化を示したのは次の項目であった。

(1) 接地瞬間時股関節角度は、102.5%、105%の目標歩幅走行では、正規の全力疾走時より減少していたが、110%以上の目標歩幅走行からは、歩幅が増加して行くにしたがって股関節角度も増加して行く傾向を示した。一方、歩幅が全力疾走時よりも短くなって行くにしたがって、股関節角度も減少して行く傾向を示した。

(2) 接地瞬間時脚の角度は、歩幅が正規の全力疾走時よりも増加して行くにしたがって、わずかずつ減少して行く傾向を示し、歩幅が正規の全力疾走時よりも短くなって行くにしたがって、わずかずつ増加する傾向を示した。

(3) 離地瞬間時の大腿角度（後半）は、歩幅が正規の全力疾走時よりも増加して行くのにしたがって、わずかずつ増加して行く傾向を示し、歩幅が正規の全力

疾走時よりも短くなって行くにしたがって、わずかながら減少して行く傾向を示した。

(4) 離地瞬間時の股関節角度は、歩幅が正規の全力疾走時よりも増加して行くときに限り、わずかながら増加して行く傾向を示した。

(5) 離地瞬間時の股関節角度の変化は、離地瞬間時大腿角度(前半)よりも、離地瞬間時大腿角度(後半)に近似する面が大きい。

V. 謝 辞

本研究に対して御指導下さった、幾徳工業大学笹原六郎名誉教授、矢作庄次郎教授、泉川喬一助教授に心からの感謝を表します。

本研究に使用した高速度カメラ、及びモーションアナライザーは、日本体育大学大学院体育方法学研究室の御好意により借用して、実験の成果を得たものであり、ここに厚く感謝の意を表します。

参考文献及び引用文献

- 1) 渡部 誠・岡野 進：短距離疾走における Arm action 効果に関する一研究—その 1—, 日本体育学会第 30 回大会号, p. 601, (1979).
- 2) 岡野 進・渡辺 誠：短距離疾走における Arm action 効果に関する一研究—その 2—, 日本体育学会第 31 回大会号, p. 597, (1980).
- 3) 金原 勇・沢川侃二・三浦望慶・小松邦江：短距離疾走フォームの実験的研究, 東京教育大学ス

- ポーツ研究所報 5: 43-55, (1967).
- 4) 亀井貞次・松井秀治・宮下充正・星川 保：体育学的立場からの歩及び走の総合的研究, 体育学研究 13(3): 162-170, (1969).
 - 5) 斎藤 満・星川 保・宮下充正・松井秀治：走速度増加に対応する下肢関節の動きについて, 体育学研究, 16(5): 265-271, (1972).
 - 6) Hubbard, A.W.: An experimental analysis of running and of certain fundamental differences between—trained and untrained runners. Res. Quart. 10-3: 28-38, (1939).
 - 7) Deshon, D.E. and R.C. Nelson: A cinematographical analysis of sprint running. Res. Quart. 35 (4): 451-455, (1964).
 - 8) 宮丸凱史：短距離疾走フォームに関する実験的研究, 東京女子体育大学紀要, (6): 22-33, (1971).
 - 9) 村瀬 豊・亀井貞次・星川 保・宮下充正・松井秀治：陸上競技選手と非鍛練者とに見られる走行中の足の動きの速さの違いについて, 体育学研究, 16(5), 273-279, (1972).
 - 10) 金子公宥・北村潔和：100 m 疾走中のスピード変化に関する要因のキネシオロジー的分析, 体育の科学, 25(2): 109-115, (1975).
 - 11) 山本輝夫・天野義裕・長沢 弘：スプリント・ランニングにおけるトップスピード持続能力に関する研究, 日本体育学会第 30 回大会号, p. 350, (1979).
 - 12) 小林一敏・小田博美・大島義晴：走運動のフリーエ級数による分析, 東京体育学研究第 6 号, 107-111, (1979).