

各種歩幅走行における 運動学的研究

荒 川 勝 彦

Kinematic Study on the Form of Sprint Running with various stride lengths

Katsuhiko ARAKAWA

The purpose of this study was to examine the running form with various stride lengths. Specifically: is the running velocity and stride rate affected by increase and decrease in stride length. The subjects for this study were eight athletes. The mean value of the right and the 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 drawn 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 running velocity was highest in normal sprint running. As the the stride length became shorter, the running velocity was decreased while as the stride length became longer the running velocity was decreased as well. The decrease in rates of running velocity in both cases was almost the same.
- 2) No significant differences in running velocity were observed between the sprint running at 95%, 97.5%, 102.5%, 105% of the normal sprint running stride and the normal sprint running.
- 3) The shorter the stride length was, the greater the stride rate was, whereas the longer the stride length was, the lower the stride rate was. The increase in the stride rates was much smaller than the decrease in the stride rates.

I. 結 言

走速度増加に対応する歩幅と歩数の関係については、Hogberg¹⁾、星川ら⁵⁾、松井⁷⁾、Dillman³⁾によって研究され、「走速度が比較的低速度の段階では、速度の増加分は主として歩幅の増加分によって補われ、速度が被検者の走能力の限界に近づくにしたがって速度の増加分は歩数の増加分によって補われる部分が大きくなる⁵⁾。」という結果が報告されている。

また山西ら¹⁴⁾は、トラック走路で走速度増加に対する歩幅と歩数の関係を検討し、同じ結果が得られたことを報告している。

さらに Nellson ら^{12), 13)} は、up hill slope と down hill slope において、走速度増加に対応する歩幅と歩数の関係を研究している。

しかし、これらの研究の多くはトレッドミルを使用したもので、速度に関しては機械的に均一な条件が得られるが、機能上最高速度は 500 m/分までに制限される。

そのため、走速度を 500 m/分以上に増加していったときの歩幅と歩数の関係を検討するという課題が残されている。これまで、この面から検討した報告は少ない。

また走速度、歩幅、歩数は、疾走局面や疾走能力、疾走技術においても異なるものとされているので、走速度増加に対する歩幅と歩数の関係ばかりでなく、歩幅

や歩数の増加に対するそれぞれの要因変化について検討することも必要であると考えられる。

トラック走路での研究は、実験条件を一定にできないという欠点があるが、最高速度を発揮できるうえに歩幅や歩数の調節もある程度可能であるという利点を有している。

実際の競技場面や練習現場では、全力疾走時の歩幅と歩数が検討される。

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%までの種々の目標歩幅を設定し、60mをそれぞれの目標歩幅で全力疾走した時の走速度と歩数の関係を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16mm高速度カメラで撮影した。被写体とレンズの距離は30m、レンズの高さは地面より1m、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

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	100m 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 lengths (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

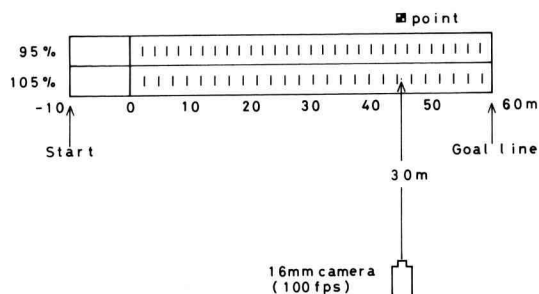


Fig. 1. Experimental design.

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。分析項目は、走速度、歩数、接地時間、滞空時間、跳躍比の 5 項目であった。歩幅については、スパイク跡からの実測値を採用した。

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。

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 (cm).

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 running velocity (m/sec).

Subj.	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	100%	102.5%	105%	110%	115%	120%	125%
K. A.	7.98	7.82	8.13	8.56	9.02	9.18	9.42	9.09	9.08	7.96	7.54	7.47	7.27
H. K.	7.35	7.74	8.09	8.33	8.67	8.74	8.89	8.63	8.84	8.40	8.03	7.88	7.25
H. O.	7.32	7.86	7.96	8.06	8.55	8.43	8.73	8.43	8.46	7.61	7.22	7.46	7.45
H. K.	6.54	6.80	7.13	7.31	7.62	7.57	7.92	7.70	7.79	7.72	6.15	5.97	5.84
M. T.	6.92	7.04	7.76	7.71	8.29	8.55	8.45	8.30	8.14	7.22	6.76	6.49	7.03
N. H.	7.08	7.50	7.71	8.00	8.27	8.17	7.88	8.36	8.55	8.08	6.84	7.03	7.00
H. Y.	7.52	8.02	8.27	8.43	8.74	8.63	8.86	8.77	8.89	8.36	8.10	7.70	7.43
H. S.	6.57	6.59	7.17	8.15	7.91	8.68	8.41	8.73	8.56	7.85	7.52	7.90	7.49
\bar{x}	7.16	7.42	7.78	8.07	8.38	8.49	8.57	8.50	8.54	7.90	7.27	7.24	7.10
S. D.	(0.49)	(0.54)	(0.43)	(0.41)	(0.46)	(0.47)	(0.52)	(0.41)	(0.42)	(0.39)	(0.67)	(0.69)	(0.54)
t	13.679**	7.049**	6.296**	4.553**	1.980	0.836	—	0.643	0.267	3.387*	8.012**	6.718**	8.854**

*p<0.05 **p<0.01

Table 6. Change of five factors (%).

Items	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	100%	102.5%	105%	110%	115%	120%	125%
Running velocity	83.55	86.58	90.78	94.17	97.78	99.07	100	99.18	99.65	92.18	84.83	84.48	82.85
Stride rate	107.82	105.87	107.09	104.65	103.67	101.47	100	94.87	95.35	84.11	75.06	72.37	69.93
Time of support	100	97.09	95.15	94.17	91.26	95.15	100	93.20	92.23	104.85	114.56	119.42	126.21
Time of nonsupport	87.41	92.31	91.61	96.50	99.30	100.70	100	113.99	113.99	129.37	147.55	153.15	154.55
Time of nonsupport Time of support	87.77	94.96	97.12	102.16	108.63	107.19	100	123.02	124.46	123.74	128.78	128.78	123.74

2) 走 速 度

表5に、各種の目標歩幅走行における走速度の平均値と標準偏差、及び正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における走速度の有意差検定結果を示した。走速度は、正規の全力疾走で最高速度を示した。目標歩幅走行における走速度は、いずれも正規の全力疾走よりも遅い値を示した。歩幅の増減調節が10%以内の95%, 97.5%, 102.5%, 105%の目標歩幅走行における走速度には統計的な有意差は認められなかったが、歩幅の増減調節が10%以上の75%, 80%, 85%, 90%, 110%, 115%, 120%, 125%の目標歩幅走行の走速度には統計的な有意差が認められた。

表6に、正規の全力疾走時の走速度を100%とした時の、それぞれの目標歩幅走行の走速度の変化率を示した。歩幅の調節は等差級的であり、歩幅の漸次増減に対し走速度はほぼ同じような低下傾向を示した。歩幅を約5cm増減させた97.5%, 102.5%の目標歩幅走行の走速度は99.07%, 99.18%と約1%以内の低下であり、歩幅を約10cm増減させた95%と105%の目

標歩幅走行の走速度は97.78%, 99.65%であった。筆者^{1),2)}は、2週間の練習期間をもうけて、正規の全力疾走の95%の歩幅で疾走した場合の走速度は、正規の全力疾走の99.42% (n=4), 105%の歩幅で疾走した場合の走速度は、正規の全力疾走速度の97.90% (n=5)であったとしている。本研究では練習期間をもうけずに測定したもので、練習効果の有無を考慮すれば、本研究の結果は、前回の値とほぼ一致すると考えてよいと思われる。さらに歩幅を約20cm増減させた90%, 110%の目標歩幅走行における走速度は、5%以上低下することを示した。また歩幅を25%短縮した場合も、25%増加した場合も走速度は、83.55%, 82.85%とほぼ同じ値を示した。

各被検者の目標歩幅走行における走速度は図2に示した通りである。この図における走速度は、歩幅の実測値から算出した値である。縦軸は速度の変化率で、横軸は各種の目標歩幅である。全力疾走時の歩幅と走速度を100%として表した。

目標歩幅走行で正規の全力疾走の走速度を上回った

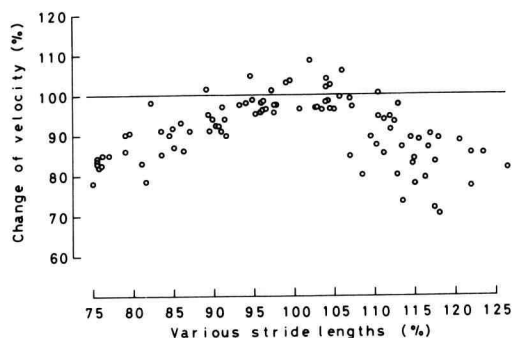


Fig. 2. Relationship between stride length and running velocity.

値は、96 例中 11 例であった。その内容は、M.T. が 97.5% の目標歩幅走行で示した走速度 101.2%。N.H. が 90%, 95%, 97.5%, 102.5%, 105%, 110% の目標歩幅走行で示した走速度 101.5%, 104.9%, 103.7%, 106.1%, 108.5%, 102.5%。H.Y. が 105% の目標歩幅走行で示した 100.3%。H.S. が 97.5%, 102.5%, 105% の目標歩幅走行で示した 103.2%, 103.8%, 101.8% であった。

残りの 4 名の被検者は、いずれの目標歩幅走行でも、正規の全力疾走よりも遅い値を示し、目標歩幅走行における走速度には個人差がみられた。

走速度の評価については、白線を踏んでの全力疾走と正規の全力疾走とは質的に異なり、歩幅を意識的に変えるという動作は、最高速度を発揮するうえでマイナス面の作用をすることを考慮しなければならないと考えられる。

3) 歩 数

表 7 に、各種の目標歩幅走行における歩数の平均値

と標準偏差、及び正規の全力疾走時の歩数とそれぞれの目標歩幅走行における歩数の有意差検定結果を示した。

歩幅を漸次短縮して行くと、正規の全力疾走時よりも歩数が増加して行く傾向が認められた。97.5% の目標歩幅走行における歩数には統計的な有意差は認められなかったが、75% から 95% までの目標歩幅走行における歩数の増加には統計的な有意差が認められた。一方、歩幅を漸次増加して行くと、歩数が減少して行く傾向が認められた。102.5% 以上の目標歩幅走行における歩数の減少には、全て統計的な有意差が認められた。

得られた実験結果の 96 例中、最高歩数は 75% の目標歩幅走行で短距離走者 K.A. が示した 4.88 回/秒であった。イオノフ⁶⁾は、一流スプリンターの最高速度区間での歩数は 5 回/秒をこえると報告している。また最低歩数は 125% の目標歩幅走行で中距離走者 H.K. が示した 2.60 回/秒であった。

表 6 から、正規の全力疾走時の平均歩数を 100% とした時の、それぞれの目標歩幅走行における歩数の変化率をみてみると、歩幅の増減調節が等差級的であったにもかかわらず、歩数の増加率は歩数の低下率にくらべかなり低い値を示した。歩幅を 25% 短縮した場合の歩数の増加率が約 8% であったのに対し、歩幅を 25% 増加した場合の歩数の低下率は約 30% であった。

このことは、練習やトレーニングにより、歩数を改善することのむずかしさを示しているものと考えられる。

また「速度が被検者の走能力の限界に近づくにした

Table 7. Group means and paired t-test results for stride rate (strides/sec).

Subj.	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	100%	102.5%	105%	110%	115%	120%	125%
K. A.	4.88	4.55	4.44	4.44	4.44	4.44	4.44	4.26	4.08	3.51	3.28	3.03	2.82
H. K.	4.65	4.35	4.44	4.44	4.44	4.35	4.26	3.85	4.00	3.64	3.28	3.13	2.74
H. O.	4.55	4.65	4.44	4.17	4.26	4.08	4.08	3.77	3.85	3.23	2.94	2.86	2.82
H. K.	4.35	4.35	4.26	4.08	4.00	3.92	4.00	3.77	3.77	3.45	2.70	2.56	2.60
M. T.	4.08	4.17	4.08	3.85	3.85	3.92	3.77	3.57	3.51	2.90	2.67	2.47	2.67
N. H.	3.92	4.00	4.76	4.55	4.44	4.17	4.00	4.00	4.26	3.92	2.99	3.03	3.08
H. Y.	4.55	4.65	4.44	4.35	4.26	4.08	4.08	3.77	3.70	3.45	3.33	3.125	2.99
H. S.	4.26	3.92	4.17	4.35	4.26	4.26	4.08	4.08	4.00	3.39	3.33	3.45	3.17
\bar{x}	4.41	4.33	4.38	4.28	4.24	4.15	4.09	3.88	3.90	3.44	3.07	2.96	2.86
S. D.	(0.31)	(0.28)	(0.21)	(0.23)	(0.22)	(0.19)	(0.20)	(0.22)	(0.24)	(0.30)	(0.28)	(0.32)	(0.20)
t	4.78**	2.522*	3.576**	3.082*	3.129*	1.860	—	3.969**	2.663*	6.874**	14.849**	11.772**	12.978**

*p<0.05 **p<0.01

Table 8. Group means and paired t-test results for time of support (sec).

Subj.	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	100%	102.5%	105%	110%	115%	120%	125%
K. A.	0.095	0.095	0.09	0.095	0.09	0.095	0.10	0.095	0.09	0.105	0.115	0.11	0.135
H. K.	0.095	0.10	0.095	0.095	0.09	0.09	0.095	0.095	0.08	0.095	0.10	0.11	0.125
H. O.	0.10	0.095	0.10	0.10	0.10	0.105	0.10	0.10	0.10	0.125	0.125	0.115	0.12
H. K.	0.11	0.105	0.11	0.105	0.10	0.115	0.11	0.105	0.105	0.11	0.135	0.155	0.16
M. T.	0.11	0.105	0.10	0.105	0.09	0.10	0.105	0.095	0.11	0.12	0.13	0.15	0.135
N. H.	0.115	0.10	0.095	0.09	0.095	0.095	0.11	0.10	0.09	0.105	0.12	0.12	0.13
H. Y.	0.095	0.10	0.095	0.095	0.095	0.09	0.095	0.095	0.09	0.095	0.10	0.11	0.115
H. S.	0.105	0.10	0.095	0.09	0.095	0.09	0.105	0.08	0.095	0.11	0.12	0.115	0.12
\bar{x}	0.103	0.10	0.098	0.097	0.094	0.098	0.103	0.096	0.095	0.108	0.118	0.123	0.13
S. D.	(0.008)	(0.004)	(0.006)	(0.006)	(0.004)	(0.009)	(0.006)	(0.007)	(0.010)	(0.011)	(0.013)	(0.019)	(0.014)
t	0.552	1.323	2.366*	2.049	3.870**	1.871	—	2.308	2.646*	1.624	5.118**	3.833**	6.860**

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

がって速度の増加分は歩数の増加分によって補われる部分が大きくなる。」⁵⁾ という報告から、正規の全力疾走時を上回った歩数は、さらに走速度を高めるうえでも、走速度を持続するうえでも重要なものと考えられ、指導上意義のあるものと考えられる。

発育発達の観点から、横堀¹⁵⁾ は、「脚の反復動作は、小脳や脳幹系の働きといわれ、7~8歳でよく発達する。」と述べている。また松井^{8),9)} は、体力要素の発達から、体育学習における走運動のカリキュラムを提案し、そのなかで、「ある一定の歩幅を維持しつつ、ピッチをいかに高めるかといった運動全体の調整力を高めるような運動学習は主として神経系の発達の著しい10歳以前の学童の学習内容として組織されるべきである。」⁸⁾ と述べている。宮丸¹⁰⁾ も、発育発達段階に応じた疾走トレーニングのカリキュラムの中で同様のことを示している。

本研究の結果で、全力疾走時を上回る歩数が得られ、かつ走速度の低下率が5%以内であった、97.5%と95%の目標歩幅走行を、7~8歳の小学生から中学生にかけての走運動の学習内容として活用してみれば、走運動の学習効果があがるのではないかと考えられる。

図3に、各被検者の目標歩幅走行における歩数を示した。この図における歩数は、歩幅の実測値から算出した値である。縦軸は歩数の変化率、横軸は各種の目標歩幅であり、全力疾走時の歩幅と歩数を100%として表した。

4) 接地時間と滞空時間

表8に、各種の目標歩幅走行における接地時間の平均値と標準偏差、及び正規の全力疾走の接地時間に対

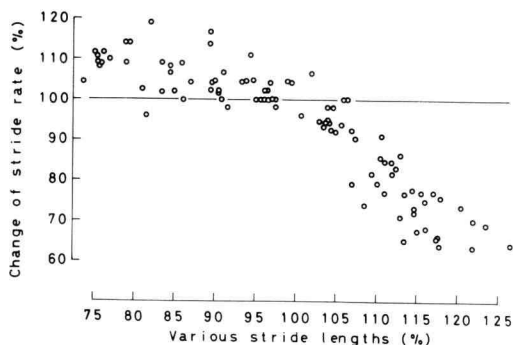


Fig. 3. Relationship between stride length and stride rate.

するそれぞれの目標歩幅走行での接地時間の有意差検定結果を示した。歩幅を短縮すると接地時間も短縮する傾向がみられたが、最短歩幅である75%の目標歩幅走行における接地時間だけは正規の全力疾走時の接地時間と同じ値を示した。95%と85%の目標歩幅走行における接地時間に統計的に有意な短縮が認められた。

一方歩幅を増加して行くと、102.5%、105%の目標歩幅走行で、正規の全力疾走時の接地時間よりも短い値を示したが、110%の目標歩幅からは増加して行く傾向を示した。105%、115%、120%、125%の目標歩幅走行における接地時間に統計的な有意差が認められた。

表9に、各種の目標歩幅走行における滞空時間の平均値と標準偏差、及び正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における滞空時間の有意差検定結果を示した。

Table 9. Group means and paired t-test results for time of non-support (sec).

Subj.	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	100%	102.5%	105%	110%	115%	120%	125%
K. A.	0.11	0.125	0.135	0.13	0.135	0.13	0.125	0.14	0.155	0.18	0.19	0.22	0.22
H. K.	0.12	0.13	0.13	0.13	0.135	0.14	0.14	0.165	0.17	0.18	0.205	0.21	0.24
H. O.	0.12	0.12	0.125	0.14	0.135	0.14	0.145	0.165	0.16	0.185	0.215	0.235	0.235
H. K.	0.12	0.125	0.125	0.14	0.15	0.14	0.14	0.16	0.16	0.18	0.235	0.235	0.225
M. T.	0.135	0.135	0.145	0.155	0.17	0.155	0.16	0.185	0.175	0.225	0.245	0.255	0.24
N. H.	0.14	0.15	0.115	0.13	0.13	0.145	0.14	0.15	0.145	0.15	0.215	0.21	0.195
H. Y.	0.125	0.115	0.13	0.135	0.14	0.155	0.15	0.17	0.18	0.195	0.20	0.21	0.22
H. S.	0.13	0.155	0.145	0.14	0.14	0.145	0.14	0.165	0.155	0.185	0.18	0.175	0.195
\bar{x}	0.125	0.132	0.131	0.138	0.142	0.144	0.143	0.163	0.163	0.185	0.211	0.219	0.221
S. D.	(0.010)	(0.014)	(0.01)	(0.009)	(0.013)	(0.008)	(0.01)	(0.013)	(0.012)	(0.021)	(0.022)	(0.024)	(0.018)
t	5.584**	1.687	2.553*	2.160	0.188	0.798	—	10.583**	6.110**	7.603**	10.877**	9.952**	12.898**

*p<0.05 **p<0.01

Table 10. Mean values and standard deviation of the bound rate.

Subj.	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	100%	102.5%	105%	110%	115%	120%	125%
K. A.	1.16	1.32	1.50	1.37	1.50	1.37	1.25	1.47	1.72	1.71	1.65	2.00	1.63
H. K.	1.26	1.30	1.37	1.37	1.50	1.56	1.47	1.74	2.13	1.90	2.05	1.91	1.92
H. O.	1.20	1.26	1.25	1.40	1.35	1.33	1.45	1.65	1.60	1.48	1.72	2.04	1.96
H. K.	1.09	1.19	1.14	1.33	1.50	1.22	1.27	1.52	1.52	1.64	1.74	1.52	1.41
M. T.	1.23	1.29	1.45	1.48	1.89	1.55	1.52	1.95	1.59	1.88	1.89	1.70	1.78
N. H.	1.22	1.50	1.21	1.44	1.37	1.53	1.27	1.50	1.61	1.43	1.79	1.75	1.50
H. Y.	1.32	1.15	1.37	1.42	1.47	1.72	1.58	1.79	2.00	2.05	2.00	1.91	1.91
H. S.	1.24	1.55	1.53	1.56	1.47	1.61	1.33	2.06	1.63	1.68	1.50	1.52	1.63
\bar{x}	1.22	1.32	1.35	1.42	1.51	1.49	1.39	1.71	1.73	1.72	1.79	1.79	1.72
S. D.	0.07	0.14	0.14	0.07	0.17	0.16	0.13	0.22	0.22	0.21	0.18	0.20	0.21

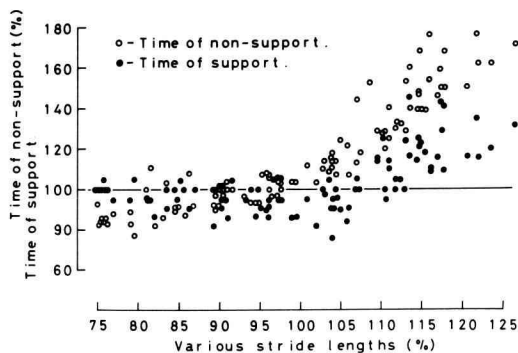
$$\text{※The bound rate} = \frac{\text{Time of non-support}}{\text{Time of support}}$$


Fig. 4. Change of time of support and time of non-support.

歩幅を短縮すると、滞空時間も減少して行く傾向を示した。75%と85%の目標歩幅走行における滞空時間に統計的有意差が認められた。一方歩幅を増加して行くと、滞空時間も増加して行く傾向を示した。102.5%以上の目標歩幅走行における滞空時間に全て統計的な有意差が認められた。

滞空時間は、歩幅の増減に関係があるものと考えられる。

表6に、正規の全力疾走時の接地時間と滞空時間を100%とした時の、それぞれの目標歩幅走行における接地時間と滞空時間の変化率を示した。接地時間と滞空時間がともに100%を越えるのは、110%以上の目標歩幅走行においてであった。

図4に、各被検者の目標歩幅走行における接地時間と滞空時間を示した。この図における接地時間と滞空

時間は、歩幅の実測値から算出した値である。縦軸は接地時間と滞空時間の変化率で横軸は各種の目標歩幅である。全力疾走時の歩幅、接地時間、滞空時間を100%として表した。

5) 跳躍比

表10に、各種の目標歩幅走行における跳躍比の平均値と標準偏差を示した。

最高速度区間における跳躍比は、1.1~1.3¹¹⁾ぐらいとされているが、本研究の正規の全力疾走時の平均跳躍比は1.39でほぼ同等の値であった。102.5%以上の目標歩幅走行で、跳躍比は全て1.70台の値を示し、跳躍的な動作が生じているものと考えられる。歩幅を短縮して行った場合、最短目標歩幅の75%で、1.22とかなり低い値を示した。

IV. 要 約

本研究では、16mm撮影法を用い、各種の目標歩幅走行における走速度と歩数の関係を検討した。目標歩幅は、全力疾走歩幅を100%として、75%から125%まで5%ごとに等差級的に算出された。

(1) 走速度は、正規の全力疾走で最高速度を示し、歩幅の漸次増減に対し、ほぼ同じ低下率を示した。

(2) 95%, 97.5%, 102.5%, 105%の目標歩幅走行における走速度は、全力疾走時の走速度と、有意な差は認められなかった。

(3) 歩幅が漸次減少して行くにしたがって、歩数は増加する傾向を示し、歩幅が漸次増加するにしたがって、歩数は有意に減少する傾向が認められた。この時の歩数の増加率は、歩数の低下率に比べ約1/4と低い値を示した。

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) 荒川勝彦：短距離走における分析的研究—歩幅を短縮した場合の歩数について—，幾徳工業大学研究報告A人文社会科学編第7号：87-93，1982。
- 2) 荒川勝彦：短距離走における分析的研究—全力疾走と増加歩幅での全力疾走の比較—，幾徳工業大学研究報告A人文社会科学編第8号：43-48，1983。
- 3) Dillman, C.J., Kinematic analyses of running. Exercise and Sports Sciences Reviews, Vol. 3, Academic Press, New York, 1975, pp. 193-218.
- 4) Högborg, P. Length of stride, stride frequency, "flight" period, and maximum distance between the feet during running with different speed. Arbeits-Physiologie, BD. 14, S 431-436, 1952.
- 5) 星川 保, 宮下充正, 松井秀治：歩及び走における走幅と歩数に関する研究—各種速度における歩巾と歩数の関係—，体育学研究，16(3)：157-162，1971。
- 6) イオーノフ.D. (岡本訳)：ピッチとストライドがスピードに及ぼす影響，月刊陸上競技，2(7)，1968。
- 7) 松井秀治：走運動におけるピッチと歩幅について，体育の科学，16(10)：582-585，1966。
- 8) 松井秀治：身体運動に関する科学研究成果の体育学習への応用，体育の科学，20(11)，1970。
- 9) 松井秀治：走運動のカリキュラム，体育の科学，21(2)，1971。
- 10) 宮丸凱史：陸上競技のコーチング，I 総論・トラック編，大修館書店，1976，p 254-255。
- 11) 宮丸凱史：陸上競技のコーチング，I 総論・トラック編，大修館書店，1976，p. 219。
- 12) Nelson, R.C. and Osterhoudt, R.G.: Effects of altered slope and speed on the biomechanics of running. In "Medicine and Sport, Biomechanics II". pp. 220-224. Karger, Basel, 1971.
- 13) Nelson, R.C., Dillman, C.J., Lagasse, P. and Bickett, P.: Biomechanics of overground versus treadmill running. Med. Sci. Sports 4, 233-240, 1972.
- 14) 山西哲郎，阪本幹夫：ランニングにおけるスピード・ストライド・ピッチに関する実験的研究—，第25回日本体育学会大会号，p. 300，1974。
- 15) 横堀 栄：種目別にみたスポーツ適性，スポーツ適性，大修館書店，1965。