

短距離走に関する運動学的研究

荒 川 勝 彦*

Kinematic Study on Sprint Running

Katsuhiko ARAKAWA

Abstract

The purpose of this study was to examine the correlation between the kinematic parameters and 100 m running time. The subjects for this study were ten college athletes. An electric running timer was used to determine the velocity at 5 m intervals during a 100 m sprint running. A high speed 16 mm cinecamera with the frame rate set at 100 frames per second was used.

Following results were obtained.

- 1) Various individual patterns were observed in display of velocity curve.
- 2) Significant negative correlation was found between maximal velocity and 100 m running time. ($r = -0.951$, $P < 0.01$)
- 3) It was suggested that to improve the 100 m running time, maximal velocity was important parameter.

I. 研究目的

本研究では、ランニングタイマーによる疾走速度曲線の分析およびフィルム分析とから抽出した運動学的パラメーターと、100 m タイムとの相関関係を検討し、疾走能力を向上させる上で重要なパラメーターを探ろうとした。

なお、本研究の被検者の中には、100 m で 10 秒 5 の記録を持つ選手がおり、抽出した運動学的データは、今後トレーニング処方やコーチングの観点からも貴重な資料になると考えられる。

また、疾走能力の個人差という点についても若干の考察を加えたいと考えた。

II. 研究方法

1) 被検者

本研究の被検者は、10 名の男子大学生であった。表 1 に、被検者の身体的特徴を示した。

T.M., U.H., K.O., J.M., H.S., N.I., M.M., K.T. の 8

名は、神奈川工科大学の陸上競技部に所属している短距離選手であった。

このうち、M.M. は、2 年の浪人生活のため競技活動のブランクがあり、K.T. は、平成 2 年 4 月に陸上競技部に所属した初心者であった。

K.S., H.M. の 2 名は、部外者で、中学および高校時代に陸上競技に所属し短距離走を専門としていた経験者であった。

H.M. は、2 年の浪人生活のため競技活動のブランクがあった。

上記の 2 名は、本研究に対して、被検者としての協力を心よく了承してくれ、実験の準備として週 2 回、2 ヶ月間のトレーニングを実施した。

2) 疾走距離および疾走速度の条件

疾走距離は、100 m であった。疾走速度の条件としては、最高速度での全力疾走とした。

本実験では、全被検者ともスパイクシューズでの疾走であった。

3) 疾走速度の測定方法

疾走速度の測定は、ランニングタイマー（竹井機器製）で行なった。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	100 m Best record (sec)	Career (yrs)	Athletic event
T.M.	21	174.0	60.0	10.5	9	sprinter
U.H.	19	176.5	75.0	11.4	7	sprinter
K.O.	18	171.0	64.0	11.4	6	sprinter
J.M.	22	164.0	57.0	11.4	7	sprinter
H.S.	21	168.0	64.0	11.5	8	sprinter
N.I.	19	163.0	55.0	11.7	7	sprinter
M.M.	20	173.0	71.0	11.6	3	sprinter
K.T.	19	165.0	53.0	—	0	beginner
K.S.	19	172.0	55.0	11.0	3	sprinter
H.M.	20	166.0	60.0	12.1	6	sprinter

本装置は、走運動のラップタイムとトータルタイムを 0.01 秒単位で測定するものである。装置は、投光器と受光器とから成り、投光器から受光器への光線を走者が遮断する時入力となり、タイマー本体に内蔵されたデジタルプリンターにより印字出力される。

また、スタート用ピストルとスターティングブロックの後方に電気スイッチをとりつけ、ピストル発信時、後方のスターティングブロック離脱時に入力される仕組みになっている。

本実験では、投光器と受光器を走路をはさんで向い合わせて 21 対設置した。すなわちスタートラインから 2.5 m, 5 m, 以後 100 m まで 5 m 間隔で設置した。

被検者は、電気スイッチをとりつけたスタート用ピストルの発信により、クラウチングスタートで発走した。

4) 高速度カメラ撮影方法およびフィルム分析方法

スタートラインから 45 m 地点通過時の走運動を 16 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。

フィルム分析は、モーションアナライザーで行なった。

スタートラインから 45 m 地点通過時の左右の 2 歩の走運動を分析の対象とした。

分析項目は、走速度、ストライド、ピッチ、接地時間、滞空時間の 5 項目であった。

5) 実験期日

実験は、平成 2 年 11 月 12 日に神奈川工科大学の 400 m トラックで行なわれた。実験日は、無風快晴であった。

III. 結果と考察

表 2 は、9 名の被検者の 100 m ベスト記録と実験走タイムの差を示したものである。

大学入学後、陸上競技を始めた初心者 K.T. は、100 m ベスト記録を持っていないため除外した。

100 m ベスト記録の平均値は 11.4 秒、実験走タイム

Table 2. Difference between 100 m record and experimental time

Subject	100 m Best record (sec)	Experimental time (sec)	Difference (sec)
T.M.	10.5	11.69	1.19
U.H.	11.4	11.99	0.59
K.O.	11.4	12.11	0.71
J.M.	11.4	12.11	0.71
H.S.	11.5	12.18	0.68
N.I.	11.7	12.46	0.76
M.M.	11.6	13.23	1.63
K.S.	11.0	12.77	1.77
H.M.	12.1	13.62	1.52
\bar{x}	11.4	12.46	1.06

Table 3. Mean value and standard deviation for kinematic parameter.

No.	Parameter	T.M.	U.H.	K.O.	J.M.	H.S.	N.I.	M.M.	K.T.	K.S.	H.M.	\bar{x}	S.D.
1.	Maximal velocity (m/sec) ^{a)}	9.80	9.80	9.80	10.00	9.26	9.43	8.93	8.20	9.09	8.62	9.29	0.59
2.	Acceleration (m/sec ²)	5.71	4.61	3.93	4.62	4.43	5.43	3.67	4.98	4.22	4.17	4.58	0.61
3.	Rate of decrease of speed (%)	8.88	13.57	15.00	15.30	13.57	10.18	13.89	10.37	11.99	14.73	12.75	2.14
4.	30 m time (sec)	4.17	4.46	4.42	4.32	4.43	4.52	4.68	5.10	4.55	4.76	4.54	0.25
5.	50 m time (sec)	6.31	6.59	6.59	6.44	6.59	6.78	6.98	7.64	6.79	7.19	6.79	0.37
6.	80 m time (sec)	9.52	9.79	9.85	9.79	9.89	10.09	10.51	11.51	10.30	10.94	10.22	0.58
7.	100 m time (sec)	11.69	11.99	12.11	12.11	12.18	12.46	13.23	14.23	12.77	13.62	12.64	0.77
8.	Running velocity (m/sec) ^{b)}	10.13	10.16	9.84	9.82	9.92	8.83	8.52	8.15	9.10	8.87	9.33	0.73
9.	Stride length (m)	2.179	2.285	2.214	2.014	2.132	2.032	1.959	2.120	2.094	2.041	2.107	0.100
10.	Stride rate (strides/sec)	4.65	4.44	4.44	4.88	4.65	4.35	4.35	3.85	4.35	4.35	4.43	0.27
11.	Time of support (sec)	0.095	0.095	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.105	0.09	0.10	0.094	0.007
12.	Time of non-support(sec)	0.12	0.13	0.135	0.125	0.125	0.14	0.13	0.155	0.14	0.13	0.133	0.010

* Maximal velocity^{a)} was measured by electric running timer.

Running velocity^{b)} was measured by film motion analyzer.

の平均値は12.46秒で、その差は1.06秒であった。

実験走タイムが100 m ベスト記録よりも遅い原因としては、

実験が行なわれた季節。本実験は、11月12日のシーズンオフに行なわれた。

走路の条件。各被検者の100 m ベスト記録は全天候型走路で記録されたものであり、本実験はシンダー走路であった。

被検者の集中力の差。100 m ベスト記録は、公式競技会で記録されたものである。

などが考えられる。

なお、2年間の浪人生活のため競技活動のブランクを持つM.M.はその差1.63秒、H.M.は1.52秒、部外者で経験者のK.S.は1.77秒と、平均値1.06秒を上回った。

1) 運動学的パラメーターの平均値と標準偏差

表3は、12のパラメーターについて、各被検者の値および平均値と標準偏差を示したものである。

12のパラメーターの内訳は、ランニングタイマーによる疾走速度曲線の分析によって得た、疾走中の最高速度、加速度、速度通減率、30 m タイム、50 m タイム、

80 m タイム、100 m タイムの7項目。

45 m 地点通過時の走運動を撮影したフィルムを分析することによって得た、走速度、ストライド、ビッチ、接地時間、滞空時間の5項目であった。

ここで速度通減率とは、最高速度に対する95 m-100 m 区間の完走時速度の割合から、疲労による走速度の低下をあらわす指数である。

猪飼ら³⁾にならい、次式により算出した。

$$\text{速度通減率} = \frac{\text{最高速度} - \text{完走時速度}}{\text{完走時速度}} \times 100$$

2) 疾走速度曲線

図1は、6名の被検者の疾走速度曲線である。

10名の被検者の中から100 m 実験走タイムのよい順に、等間隔になるように6名を選択した。すなわち、11.5秒から11.9秒まで、12.0秒から12.4秒まで、12.5秒から12.9秒まで、13.0秒から13.4秒まで、13.5秒から13.9秒まで、14.0秒から14.4秒まで、の範囲から1名ずつを選択した。

図の横軸は距離(m)、縦軸は走速度(m/秒)である。

一般的に、100 m 走においては、走速度の変化から、加速疾走段階、全速疾走段階、減速段階に区分される

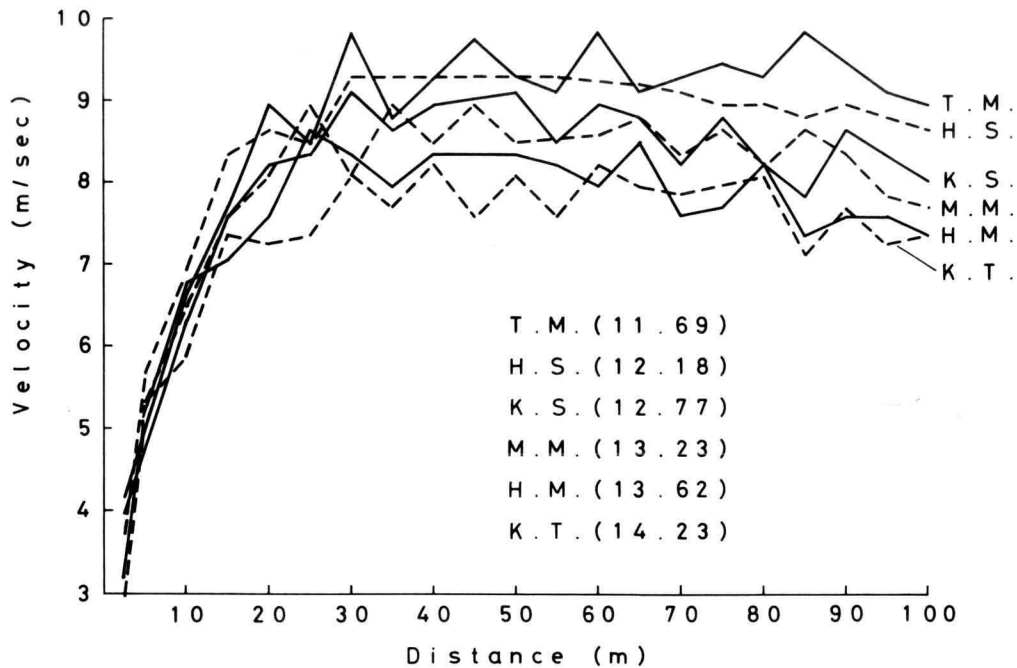


Fig. 1. Velocity curve.

ようである。

図1の疾走速度曲線を観察してみると、スタートから15mくらいまでは、各被検者ともほぼ同じような走速度変化を示し大きな差はみられなかった。

しかし、30mくらいから各被検者の走速度の差が顕著になり、その差は65mくらいまで維持される。全速疾走段階に相当するこの区間では、疾走中の最高速度が現れるために各被検者間での走速度の差が明瞭になるものと考えられる。

65m以降、各被検者の疾走速度曲線は低下して行く傾向を示す。しかし、この中にあっても普段からトレーニングを積んでいて高水準の疾走能力を持つT.M.は、比較的高く走速度が維持されていた。

各被検者の疾走速度曲線を観察すると、加速疾走段階、全速疾走段階、減速段階ともに、決してなめらかな曲線を描くのではなく、数回のおうとつの波形を描きながら変化して行く様子が観察された。

また6名の被検者がそれぞれ異なった曲線パターンを示していて、疾走速度曲線には個人差を認めることができると考えられる。

図2は、10秒5の100mベスト記録を持つ被検者T.M.と、本研究の被検者中、最も大きな速度逓減率

15.30%を示したJ.M.の疾走速度曲線を比較したものである。

J.M.は、50mで疾走中の最高速度10.00m/秒の走速度を示したが、その後55mで8.62m/秒と急に走速度が低下し、以後70mで8.47m/秒、85mで8.62m/秒、100mで8.47m/秒と15mごとに波形状に低下して行く傾向を示した。

一方T.M.は、30mで疾走中の最高速度9.80m/秒を示し、その後45mで9.71m/秒、60mで9.80m/秒、85mで9.80m/秒を示した。

85m以後は走速度の低下がみられるものの、全体的には100mの後半まで疾走中の最高速度が維持されているといえるであろう。

古藤⁹⁾は、疾走速度曲線を4つの型に分類し、4つの型に共通する欠点として、「(1)スタート後に一度スピードが落ちて再び上昇する。スタートからスムーズな加速が得られない。(2)最高スピードを最後まで維持することができない。」という二つの現象をあげている。

T.M.とJ.M.の疾走速度曲線を上記の二点からみて行くと、スタート後の加速疾走段階においては、J.M.はなめらかな上昇カーブを描いており、スタート後の

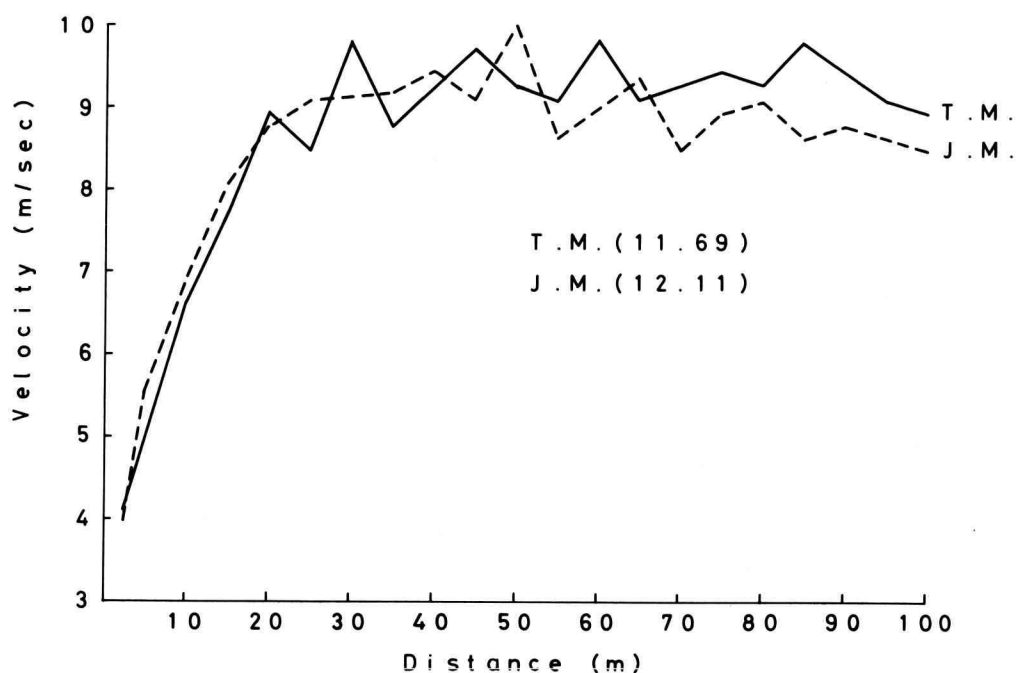


Fig. 2. Velocity curve.

加速技術において優れていると推察される。

一方 T.M. は、スタート後 25 m で 8.93 m/秒から 8.47 m/秒に一度スピードが落ちて、再び 30 m で 9.80 m/秒に上昇している。これは古藤⁵⁾が示した (1) の現象と一致するものと考えられる。

T.M. は、高水準の疾走能力を持っているが、スター

トから最高速度までの加速技術において、まだ改善の余地が残されていると考えられる。

減速区間では、J.M. は 50 m 以後走速度の低下が著しく、古藤⁵⁾の示した (2) の現象と一致していた。

以上のように、疾走速度曲線には被検者各自の個人差が観察された。

Table 4. Correlation Coefficient between Kinematic parameters and 100 m time. (N=10)

No.	Parameter	30 m time	50 m time	80 m time	100 m time
1.	Maximal velocity	-0.919**	-0.940**	-0.950**	-0.951**
2.	Acceleration	-0.233	-0.179	-0.200	-0.255
3.	Rate of decrease of speed	-0.047	-0.100	-0.071	-0.035
4.	30 m time	—	0.993**	0.976**	0.964**
5.	50 m time	0.993**	—	0.991**	0.980**
6.	80 m time	0.976**	0.991**	—	0.994**
7.	100 m time	0.964**	0.980**	0.994**	—
8.	Running velocity	-0.868**	-0.887**	-0.886**	-0.910**
9.	Stride Length	-0.270	-0.302	-0.362	-0.440
10.	Stride rate	-0.888**	-0.886**	-0.836**	-0.806**
11.	Time of support	0.723*	0.747*	0.718*	0.709*
12.	Time of non-support	0.797**	0.778**	0.733*	0.692*

* P<0.05 ** P<0.01

疾走速度曲線は、走速度変化を視覚化することができるので、ペース配分を合理的に改善したり、個人差に応じた指導を心がける場合に効果を発揮するものと考えられる。

3) 運動学的パラメーターと100 m タイムの相関関係

表4は、運動学的パラメーターと各ラップタイムおよび100 m タイムの相関係数を示したものである。

フィルム分析から算出した走速度と30 m, 50 m, 80 mの各ラップタイム、および100 m タイムとの間には、いずれも1%水準の有意な相関関係が認められた。

ピッチと各ラップタイムおよび100 m タイムとの間にも1%水準の有意な相関関係が認められた。

接地時間、滞空時間と各ラップタイムおよび100 m タイムとの間にも有意な相関関係が認められた。

しかし、ストライドと各ラップタイムおよび100 m タイムとの間には、有意な相関関係は認められなかった。

一方ランニングタイマーによる疾走速度曲線の分析によって得た、加速度、速度減速率の2つのパラメーターと30 m, 50 m, 80 mの各ラップタイムおよび100 m タイムとの間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった。

次に30 m, 50 m, 80 mの各ラップタイムと100 m タイムとの間には、いずれも1%水準で有意な相関関係が認められた。

このことは、スプリント・トレーニングの現場において、30 m, 50 m, 80 mのタイムを測定し、指標として活用することが有効であることの裏付けとなるものと考えられる。

疾走中の最高速度と30 m, 50 m, 80 mの各ラップタイムおよび100 m タイムとの間には、いずれも1%水準で有意な相関関係が認められた。

Volkov ら⁶⁾は、疾走中の最高速度と100 m タイムの間に有意な相関を認めている ($r = -0.855$, $P < 0.01$)。

青木ら¹⁾も最高速度と100 m 走時間との間に有意な相関を認めた ($r = -0.980$, $P < 0.01$)。

本研究で得た、疾走中の最高速度と100 m タイムとの相関係数は、 $r = -0.951$, $P < 0.01$ であり、Volkov ら⁶⁾や、青木ら¹⁾の研究結果とほぼ同等であった。

以上の結果は、猪飼ら²⁻⁴⁾の、「最高速度は、100 m 疾走の所要時間と密接な関係があり、疾走能力の向上は、最高速度を大きくすることが重要な因子になる。」とい

う結果を支持するものであると考えられる。

したがって、疾走能力を高めるためには、スプリント・トレーニングの中でも、最高速度養成のトレーニングに最も重点を置かなければならないと考えられる。

今後の課題としては、最高速度養成のトレーニングの中でも、超最大速度走である牽引走やダウンヒル・ランニングについての検討も必要となってくると考えられる。

IV. 要 約

大学の陸上競技部に所属する短距離選手8名と、経験者2名の合計10名を被検者とし、ランニングタイマーによる疾走速度曲線の分析と、フィルム分析とによって運動学的パラメーターを抽出し、100 m タイムとの相関関係を検討した。

結果は、次の通りであった。

- (1) 疾走速度曲線には個人差が観察された。
- (2) 疾走中の最高速度と100 m タイムとの間には、有意な負の相関が認められた ($r = -0.951$, $P < 0.01$)。
- (3) 100 m タイムを向上させるためには、疾走中の最高速度が重要なパラメーターであると考えられる。

本研究に対して御指導下さった、神奈川工科大学矢作庄次郎教授、泉川喬一助教授に心から感謝の意を表します。

参考文献および引用文献

- 1) 青木純一郎, 形本静夫: 100 m 走における疾走時間と非乳酸性および乳酸性負債について, 日本体育協会スポーツ科学研究報告, No. V ハイスピード持続能力の解明—第2次研究報告—: 3-11, 1972.
- 2) 猪飼道夫, 芝山秀太郎, 石井喜八: 疾走能力の分析—短距離走のキネシオロジー—, 体育学研究, 7(3); 59-70, 1963.
- 3) 猪飼道夫他: 陸上競技選手に関する疾走速度の分析, 東京オリンピックスポーツ科学研究報告「陸上競技編」: 72-87, 日本体育協会, 1965.
- 4) Ikai, M.: Biomechanics of Sprint Running with Respect to the Speed Curve. In: Biomechanics 1, 1st Int. Seminar Zurich, Karger,

- Basel/New York, pp. 282-290, 1967.
- 5) 古藤高良, 「陸上競技指導ハンドブック」大修館書店, 1975, p. 100.
- 6) Volkov, N.I. and Lapin, V.I.: Analysis of the velocity curve in sprint running. *Medicine and science in sports*, 11(4): 332-337, 1979.