

# 目標歩幅走行の疾走速度曲線

荒 川 勝 彦

## The Velocity Curve in Sprint Running at Target Stride Length

Katsuhiko ARAKAWA

### Abstract

The purpose of this study was to examine the velocity curve in sprint running at target stride compared with regular sprint running. Sprint running at target stride was defined as maintaining constant target stride through entire 100 m run.

The mean value of the right and the left stride lengths at the point around 50 m from the start line in 100 m regular sprint running was expressed as 100%. Four constant target stride lengths were calculated from the mean value of the above mentioned two stride lengths, namely, 95%, 97.5%, 102.5%, 105% were selected for present experiment. The subject was asked to run at each target stride lengths. An electric running timer was used to determine the velocity at 10-m intervals during a 100 m run. The subjects for this study were nine athletes.

Following results were obtained.

- 1) No significant differences were found between sprint running at target stride and regular sprint running in the maximal velocity and 100 m running time.
- 2) The velocity in the final phase of 100 m run was rated some what higher in sprint running at target stride than in regular sprint running.

### I. 結 言

疾走速度を測定する方法としては、一定距離の走行時間から平均走速度を求める方法が一般的に使われてきた。

この方法は、A.V. Hill (1927)<sup>4)</sup> によって電気的な方法としてはじめられ、測定方法も光電管セルに改良され、鈴木(1937)<sup>13)</sup>、F.M. Henry (1951)<sup>6)</sup>、F. Kronsbein (1955)<sup>11)</sup>、猪飼 (1963)<sup>7)~9)</sup>、浅川 (1968)<sup>3)</sup> らによって研究が進められてきた。

もう一つの方法としては、佐藤(1962)<sup>12)</sup> が用いたヒモ法や、N.I. Volkov (1979)<sup>14)</sup> が用いたスピードグラフの方法等がある。

以上のような方法で進められてきた、これまでの疾走速度に関する研究成果を要約してみると、「最高速度は、100 m 疾走の所用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」<sup>8)</sup> といえるようである。

しかし、短距離走の競技力向上をはかるうえでは、最高速度を高めるとともに、最高速度を維持することも重要なことであると考えられる。

そのため、最高速度を維持するのに必要な生理的機能や練習方法についての検討が必要であると考えられる。

青木、形本<sup>1)</sup> は、100 m のスピード曲線、乳酸性負債、非乳酸性負債、および血中乳酸を手掛かりに、短距離走におけるハイスピードおよびその持続能力の解明を試み、短距離選手群だけに限ってみると、100 m 走時間と有意な相関があったのは、最高速度だけで、酸素負債量には依存していないことを示した。

また、金子、北村<sup>10)</sup> は、スピード低下の要因をキネシオロジーの面から探り、100 m 後半の減速区間では、スピードの低下に伴って、鍛練者ではピッチのみが、非鍛練者ではピッチとストライドの両者が減少したことを観察した。

グランドラッハ<sup>5)</sup>、山本ら<sup>15)</sup> の研究結果も、このことを支持している。

以上の結果から、筆者は、疲労により走速度の低下

が生じる減速区間でも、歩幅を一定に保って走ることにより、走速度の低下が緩和されるのではないかと考えた。

ここでは、生理学的な面からではなく、走法を変える（このことは、ペース配分ということにも関係してくるものと考えられる）といった技術的な面から、走速度の維持について検討してみたいと考えた。

走法としては、目標歩幅走行を取り上げた。これは、疾走距離 100 m を各個人の目標歩幅で一定間隔で区画してゆき、100 m を目標歩幅で疾走するという方法である。

本研究の目標歩幅としては、正規の全力疾走歩幅を 100% として、95%、97.5%、102.5%、105% の 4 種類を実験的に設定した。

そして、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行の走速度変化を比較検討し、走速度の維持について若干の考察を試み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 5 名、中距離選手 3 名、投てき選手 1 名の計 9 名であった。被検者は、いずれも大学陸上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、10 m 助走からの 100 m 全力疾走を 1 回行った。この時のスタートラインから 50 m 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、95%、97.5%、102.5%、105% 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 100 m は、表 2 に示された目標歩幅で区切って行かれ白線で区画された。さらにスタートラインから後方 10 m に助走ラインが引かれた。被検者は、10 m 助走から 100 m 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。

Table 2. Target stride Length (m).

Subj.	95%	97.5%	Regular sprint	102.5%	105%
T. S.	1.89	1.94	1.99	2.04	2.09
T. Y.	1.76	1.80	1.85	1.90	1.94
K. H.	1.77	1.81	1.86	1.91	1.95
H. K.	1.79	1.83	1.88	1.93	1.97
I. I.	1.88	1.93	1.98	2.03	2.08
N. H.	1.83	1.88	1.93	1.98	2.03
M. N.	1.81	1.86	1.91	1.96	2.01
H. I.	1.95	2.00	2.05	2.10	2.15
T. T.	1.93	1.98	2.03	2.08	2.13

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subject.	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	100 m Record (sec)	Career (yrs)	Athletic events
T. S.	18	168.5	58.0	11"2	7	Sprinter
T. Y.	18	167.0	61.0	11"4	7	Sprinter
K. H.	20	169.0	61.5	11"9	3	Sprinter
H. K.	20	168.0	55.0	12"0	3	Sprinter
I. I.	20	168.0	55.0	12"3	2	Sprinter
N. H.	20	168.0	54.0	12"0	5	Middle distance runner
M. N.	20	162.0	55.0	12"9	2	Middle distance runner
H. I.	20	183.0	73.0	13"4	2	Middle distance runner
T. T.	20	174.0	72.0	11"9	4	Discus thrower

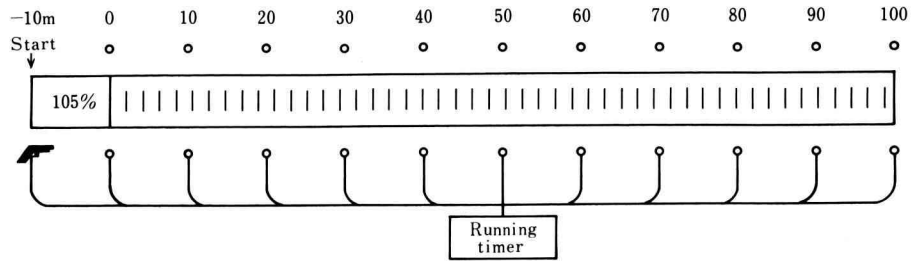


Fig. 1. Illustration of experiment

#### 4) 疾走速度測定方法

疾走速度の測定は、ランニングタイマー（竹井機器製）で行った。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に電気スイッチをとりつけ、発信時にも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、走路をはさんで向かい合わせ、スタートライン(0 m)から100 m地点まで、10 m間隔で11対設置した。

被検者は、スタートライン後方10 mの助走ラインに構え、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スタートした。

図1に、105%の目標歩幅走行を例にした実験模式図を示した。

以上の実験構成により、10 m助走からの、100 mの目標歩幅走行が、10 mごとのラップタイムとトータルタイムとで表された。

#### 5) 実験期間

疾走速度の測定は、正規の全力疾走の測定を第1日に行い、翌日から1日につき1種類の目標歩幅走行の測定を行った。

正規の全力疾走は1回、目標歩幅走行については2回測定を行い、平均値を採用した。

測定順序は、95%、97.5%、102.5、105%の目標歩幅走行という順序であった。

実験期間は、昭和60年11月17日から26日の期間であり、測定は、無風、快晴の日を選んで行った。

Table 3. Number of strides.

Subj.	95%	97.5%	Regular sprint	102.5%	105%
T.S.	52.9	51.5	52	49.0	47.8
T.Y.	56.8	55.6	55	52.6	51.5
K.H.	56.5	55.2	54	52.4	51.3
H.K.	55.9	54.6	55	51.8	50.8
I. I.	53.2	51.8	52	49.3	48.1
N.H.	54.6	53.2	53	50.5	49.3
M.N.	55.2	53.8	54	51.0	49.8
H. I.	51.3	50.0	50	47.6	46.5
T.T.	51.8	50.5	50	48.1	46.9
$\bar{x}$	54.24	52.91	52.77	50.26	49.11
S.D.	2.03	2.05	1.92	1.85	1.88

### III. 実験結果および考察

#### 1) 歩数と歩幅

表3は、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行で100 mを疾走する時に要した歩数である。

9名の被検者の平均値と標準偏差を提示した。

正規の全力疾走で要した歩数が、52.77歩という値を示したのは、10 m助走からの加速区間で、95%と97.5%の目標歩幅よりも短い歩幅で疾走していたことによるものである。

図2は、被検者T.S.の正規の全力疾走と、それぞれの目標歩幅走行の歩数-歩幅曲線を示したものである。横軸は歩数であり、縦軸は歩幅である。

正規の全力疾走の歩幅は、実線で示した。白丸印は、105%の目標歩幅走行における歩幅の実測値を示し、白三角印は102.5%、黒丸印は95%の目標歩幅走行の歩幅の実測値を示した。

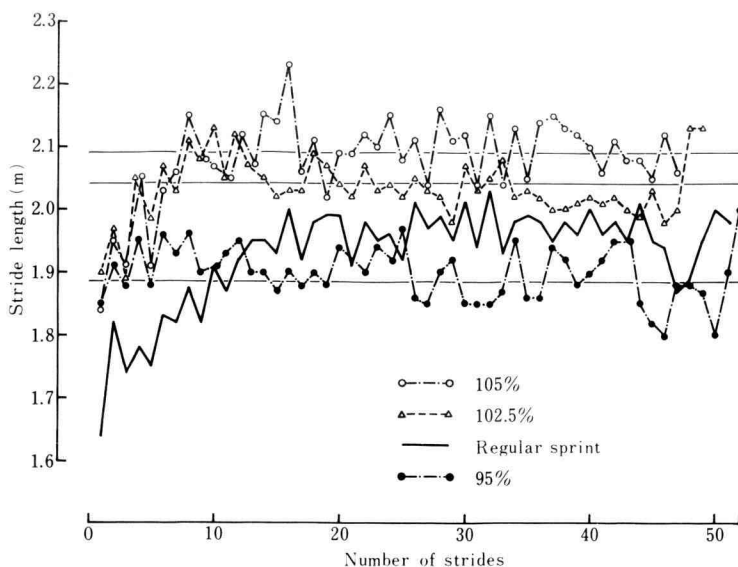


Fig. 2. Number of strides and stride length for subject T.S..

横に引いた線とそれぞれの印との差が、期待値である目標歩幅と実測歩幅との差である。

このように、それぞれの目標歩幅走行では、あらかじめ白線で区画された歩幅で走ることができずに誤差を示した。しかし、102.5%、105%の目標歩幅走行では、最後まで正規の全力疾走よりも長い歩幅で疾走し、95%の目標歩幅走行では、正規の全力疾走よりも短い歩幅で疾走していたことが認められた。

さらに、歩数と歩幅との関係をみてみると、正規の全力疾走では、1歩目から歩幅が徐々に増大して行き、約16歩で恒常歩幅に至っている。一方95%の目標歩幅走行では、2歩前後で目標歩幅に到達し、102.5%では6歩前後で、105%の目標歩幅走行では8歩前後で目標歩幅に到達していた。

恒常歩幅および目標歩幅に到達するまでの歩数が、正規の全力疾走で目標歩幅走行よりも多いために、恒常歩幅および目標歩幅に到達するまでに消費されるエネルギー量は、正規の全力疾走の方が目標歩幅走行よりも多いのではないかと考えられる。なお、97.5%の目標歩幅走行における歩幅の実測はできなかった。

## 2) 10 m 毎の所用時間および100 m 合計タイム

表4は、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行の、10 m ごとの所用時間と、0 から100 m までに要した合計タイムを示したものである。

数値は、9名の被検者の平均値と標準偏差である。

また、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行の、各区間の所用時間および100 m 合計タイムについて有意差検定を行い、その結果を示した。

正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行の100 m 合計タイムを比較すると、97.5%の目標歩幅走行では、正規の全力疾走と同じタイムであったが、95%と105%の目標歩幅走行では正規の全力疾走よりも0.1秒、102.5%の目標歩幅走行では0.08秒合計タイムが短縮していた。

しかし、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における100 m 合計タイムには、統計的有意差は認められなかった。

また、全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行における各区間の所用時間を比較すると、95%の目標歩幅走行では、80 m～90 m 区間で所用時間の有意な短縮が認められた。

102.5%の目標歩幅走行では、60 m～70 m、80 m～90 m、90 m～100 m の区間で所用時間の有意な短縮が認められ、105%の目標歩幅走行では、50 m～60 m、70 m～80 m の区間で所用時間の有意な短縮が認められた。

一般的に、目標歩幅走行では正規の全力疾走よりも、100 m 後半の70 m 以降100 m までの3区間で所用時間が短縮していた。

Table 4. Running time at different parts of the distance.

distance(m)		-10~0	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	0~100 Total time
95%	$\bar{x}$	2.45	1.29	1.20	1.16	1.16	1.17	1.18	1.21	1.20	1.22*	1.26	12.05
	S.D.	0.21	0.04	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.44
97.5%	$\bar{x}$	2.43	1.28	1.22	1.17	1.18	1.19	1.19	1.21	1.21	1.24	1.26	12.15
	S.D.	0.11	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.08	0.07	0.08	0.57
Regular sprint	$\bar{x}$	2.46	1.30	1.20	1.17	1.17	1.17	1.18	1.21	1.23	1.25	1.27	12.15
	S.D.	0.22	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.54
102.5%	$\bar{x}$	2.40	1.31**	1.20	1.16	1.18	1.18	1.17	1.18*	1.21	1.23*	1.25*	12.07
	S.D.	0.17	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.51
105%	$\bar{x}$	2.52	1.30	1.20	1.18	1.16	1.16	1.17*	1.21	1.19**	1.23	1.25	12.05
	S.D.	0.22	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.54

\*P&lt;0.05, \*\*P&lt;0.01.

## 3) 疾走速度曲線

図3, 図4に, 正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行についての疾走速度曲線を示した。

疾走速度曲線は, 9名の被検者の平均値である。

横軸は距離(m), 縦軸は走速度(m/秒)である。

実線は正規の全力疾走の疾走速度曲線であり, 白丸印は105%, 白三角印は102.5%, 黒三角印は97.5%, 黒丸印は95%の目標歩幅走行の疾走速度曲線を示したものである。

スタートから最高速度に到達するまでの加速区間, 最高速度区間については, 正規の全力疾走も, それぞれの目標歩幅走行も, とともに同じような曲線を示した。

しかし, 70m以降正規の全力疾走で走速度が低下して行くのに対し, 目標歩幅走行では70m以降も走速度が, 正規の全力疾走よりも高く維持されている傾向を示した。

以上の結果については, 歩幅への集中ということと, 加速区間で消費されるエネルギー消費量の差ということが関係しているのではないかと考えられる。

すなわち, 目標歩幅走行では, 70m以降疲労により走速度が低下して行く区間でも, 歩幅という要素に意識を集中させることができ, 走速度が維持されたのではないかと考えられる。

また, 図2の歩数-歩幅曲線は, 一定歩幅に到達するまでの歩数は, 目標歩幅走行の方が正規の全力疾走よりも少ないという結果を示した。

このことから, 加速区間で消費されるエネルギーは, 目標歩幅走行の方が正規の全力疾走よりも少ないと考えられる。

そのため, 目標歩幅走行では, 加速区間で消費されるエネルギーの差の分だけ, 70m以降の減速区間で走速度が維持できたのではないかと考えられる。

## 4) 速度逓減率

鈴木<sup>13)</sup>は, 疾走疲労を速度逓減率で表し, 小学校児童の短距離疾走に適する距離を検討した。

また, 猪飼<sup>7)~9)</sup>は, 小学生から大学生, 日本の一流短距離選手について疾走能力の分析において速度逓減率を算出している。

本研究でも, 鈴木, 猪飼らにならい, 正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行について, 速度逓減率を算出した。

速度逓減率は次式の通りである。

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

表5は, 被検者9名の速度逓減率の平均値と標準偏差である。

目標歩幅走行では, 正規の全力疾走よりも速度逓減率は小さい値を示し, 最高速度の維持において, 目標歩幅走行の方が正規の全力疾走よりも優れていることを示している。

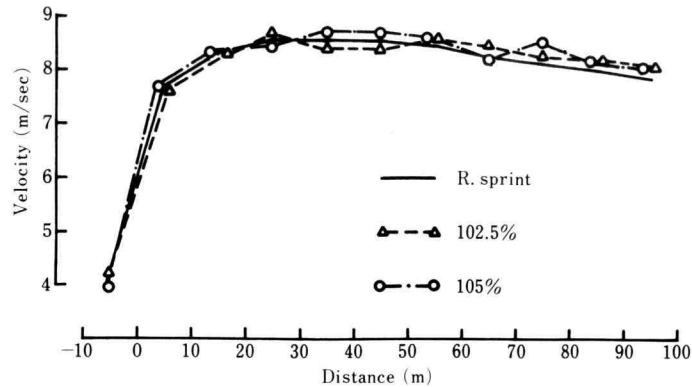


Fig. 3. Velocity curve of Sprint Running.

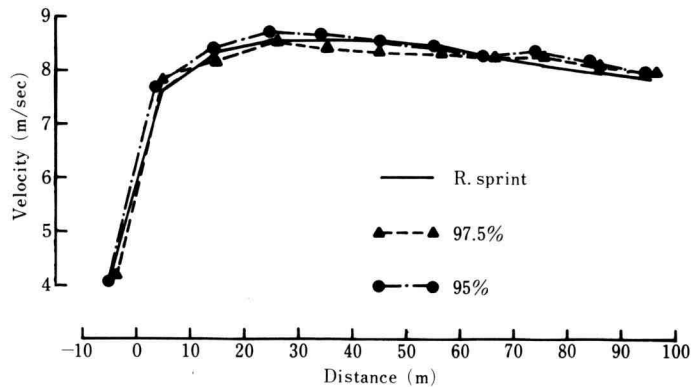


Fig. 4. Velocity curve of Sprint Running.

### 5) 最高速度

表6は、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行で得られた最高速度を示したものである。

数値は、被検者9名の平均値と標準偏差である。

105%の目標歩幅走行では0.04 m/秒、95%の目標歩幅走行では0.02 m/秒、正規の全力疾走で得られた最高速度よりも速い値を示した。

一方、102.5%の目標歩幅走行では0.04 m/秒、97.5%の目標歩幅走行では0.09 m/秒、正規の全力疾走の最高速度よりも遅い値を示した。

しかし、正規の全力疾走とそれぞれの目標歩幅走行で得られた最高速度との差には、統計的な有意差は認められなかった。

筆者<sup>2)</sup>は、正規の全力疾走歩幅を100%とし、75%

から125%までの範囲に12種類の目標歩幅を設定し、疲労により走速度の低下が生じない距離と考えられる60 mを、それぞれの目標歩幅で全力疾走した時の走速度を高速度カメラ撮影法で分析し、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いという結果を得ている。

本研究の最高速度についての結果は、前回の研究結果とほぼ同じであると考えられる。

### 6) 目標歩幅走行の特性

正規の全力疾走と、それぞれの目標歩幅走行とを比較した結果、100 m合計タイムと最高速度には統計的な有意差が認められなかった。

しかし、目標歩幅走行では、70 m以降100 mまでの

Table 5. Rate of decrease of speed in the last stretch (%).

Distance (m)		95%	97.5%	Regular sprint	102.5%	105%
Rate of decrease of speed (%)	$\bar{x}$ S.D.	8.69 (2.87)	7.23 (2.89)	9.36 (1.33)	7.65 (1.71)	8.38 (2.17)

Table 6. Mean values and standard deviation for maximal velocity.

		95%	97.5%	Regular sprint	102.5%	105%
Maximal velocity (m/sec)	$\bar{x}$ S.D.	8.71 (0.35)	8.60 (0.37)	8.69 (0.43)	8.65 (0.34)	8.73 (0.38)

3区間で、正規の全力疾走よりも走速度が高く維持される傾向が観察され、またこのことは速度通減率からも確認された。

以上の結果から、目標歩幅走行の特性を、陸上競技運動方法論の立場から考察すると、目標歩幅走行は、最高速度をさらに高めるという点からは、適性が認められないものの、最高速度を維持する、すなわちスピード持久性を改善するという点では適性を示すものと考えられる。

#### IV. 要 約

本研究では、ランニングタイマーを用い、正規の全力疾走と目標歩幅走行の走速度変化を比較検討した。

目標歩幅として、全力疾走時の歩幅を100%として、95%, 97.5%, 102.5%, 105%の4種類を実験的に設定した。

得られた結果は、次のことがらである。

(1) 正規の全力疾走と、それぞれの目標歩幅走行の100 m合計タイムを比較すると、95%と105%の目標歩幅走行では0.1秒、102.5%の目標歩幅走行では、0.08秒短縮していたが、統計的有意差は認められなかった。

(2) 正規の全力疾走と、それぞれの目標歩幅走行の最高速度には、統計的有意差は認められなかった。

(3) 目標歩幅走行では、正規の全力疾走よりも、70 m以降100 mまで、走速度が高く維持されていることが観察された。

(4) 目標歩幅走行は、最高速度を高めるうえでは効果はないが、最高速度を維持するという点で効果があるのではないかと考えられる。

#### 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。

#### 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) 荒川勝彦：各種歩幅走行における運動学的研究，幾徳工業大学研究報告 A 人文社会科学編第9号：51-58, 1985.
- 3) 浅川正一、武政喜代次、古藤高良、関岡康雄：エレクトロニクスカウンタによる疾走速度の分析的研究—特に最高速度と速度係数に関して—，東京教育大学体育学部紀要：133-141, 1968.
- 4) Furusawa, K., A.V. Hill and J.L. Parkinson: The dynamics of "sprint" Running. Proc. Roy. Soc. London B. 102: 29-42, 1927.
- 5) Gundluch, H.: 歩幅、歩数からみた100 m 疾走速度の研究, Olympia 20: 303-305, 1963.
- 6) Henry, F.M. and I.R. Trafton: The Velocity Curve of Sprint Running with Some Observations on the Muscle Viscosity Factor. Res. Quart. 22: 409-422, 1951.
- 7) 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)：1-12, 1963.

- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 金子公有，北村潔和：100 m 疾走のスピード通減要因に関するキネシオロジー的分析，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—：12-20, 1972.
- 11) Kronsbein, F.: Steady Pace vs. Variable speed in High-School 220-Yard Run. Res. Quart. 26: 289-294, 1955.
- 12) 佐藤信一，近藤 博：100 m 疾走における速度の変化について，体育学研究，7(1)：86, 1972.
- 13) 鈴木義雄：小学校児童の短距離疾走運動に関する研究，千葉医学会雑誌，15(7)：1078-1127, 1937.
- 14) Volkov, R.I. and Lapin, V.I.: Analysis of the velocity curve in sprint running. Medicine and Science in sports, 11(4)：332-337, 1979.
- 15) 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.