

最大スプリント走時の走速度，ピッチ・ストライド，接地・滞空時間の相互関係と，競技力向上への一考察

土江 寛裕・櫛部 静二・平塚 潤

はじめに

短距離走は 100 m や 200 m などの距離をどれだけ短時間に走るか，そのタイムによって競われる。そのタイムにもっとも影響を与えているのが，レース中盤に現れる最大走速度であると報告されている（阿江ら 1994，杉田 2003，渡木 2000，松尾ら 2008）。またその走速度は，ピッチとストライドの積で決まり，走速度が大きくなるには，ピッチ，ストライドいずれかが大きくなる必要がある。さらにそのピッチとストライドは接地時間と滞空時間の影響を受けると考えられる。先行研究では，日本人と世界トップ選手との比較や（伊藤 1994），発育発達段階での変化などによって生じる走速度の違いは（加藤ら 2001），ストライドの影響が大きい，もしくはピッチの相関がないとするものがみられる。また，選手の競技力向上に伴って，ピッチが向上したという報告（土江 2004）もある。また，ピッチ，ストライド両者とも関係が見られなかったという報告（尾縣ら 1991）もあり，一様でない。しかし，スプリント走パフォーマンスの優劣を考える場合，ピッチとストライドに着目することが重要であることは重要であると言え，また，パフォーマンスの向上を考える場合，ピッチとストライド，さらには接地時間と滞空時間と走パフォーマンスの関係を理解することが必要であると考えられる。

そこで本研究は，スプリント走パフォーマンスと，それを構成するピッチ，ストライド，接地時間，滞空時間などのパラメータ関係性を明確にし，トレーニング現場での資料とすることを目的とするものである。

方 法

被 験 者

被験者は大学陸上競技部に所属し，短距離，跳躍種目を専門とする男子選手 17 名であった。

表1 被験者プロフィール

(n = 17)

	年 齢 (才)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	100 m ベスト (sec)
平 均	19.5	171.9	63.0	11.03
SD	0.8	4.2	5.2	0.28

選手のプロフィールは表1の通りであった。

実験方法

実験は、屋外陸上競技場全天候走路で行った。被験者はまず、十分にウォーミングアップを行った。その後、スパイクをつけて、全力疾走に備えた試走を行った後、全力疾走を2本行った。全力疾走時には、走路に10 mの接地測定装置 (Optojump next, Microgate 社製、以下、オプトジャンプ) を設置し、そこを通過する際に最大速度になるように、十分な加速距離をとって測定区間を最大速度で走り抜けさせた。オプトジャンプは1 cmごとに連続して設置された光電管で、地面に足が着地したときに光電管が反応する仕組みになっている。接地の位置と接地時間、滞空時間を測定することができる。スプリントテストは2本行ったうちの、10 mの測定区間の平均速度が高い方を採用した。10 mの測定区間内を疾走する時に起こった2サイクル (4歩) の平均走速度 (以下走速度)、ピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間を測定した。さらに接地時間に対する滞空時間を表す接地滞空時間比 (以下、滞空比) を算出した。また、本研究においてスプリント走パフォーマンスの指標としては走速度を用いることとした。

統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差を算出した。項目間の関連性については、Pearsonの方法を用い相関係数を算出し、有意性は危険率5%、1%で判定した。

結 果

実験によって得られたデータは表2に示した。走速度は平均で 9.54 ± 0.37 m/s、最大 10.42 m/s、最小 8.90 m/s であった。ピッチ、ストライドはそれぞれ、 4.68 ± 0.23 stp/s、 2.04 ± 0.11 m であった。ピッチ、ストライドの分布を図1に示した。また接地時間および滞空時間はそれぞれ、

表2 測定値および標準偏差
スプリントテスト

	走速度 [m/s]	ピッチ [stp/s]	ストライド [m]	接地時間 [s]	滞空時間 [s]	滞空比 [s/s]
平 均	9.54	4.68	2.04	0.103	0.112	1.09
SD	0.37	0.23	0.11	0.006	0.008	0.09

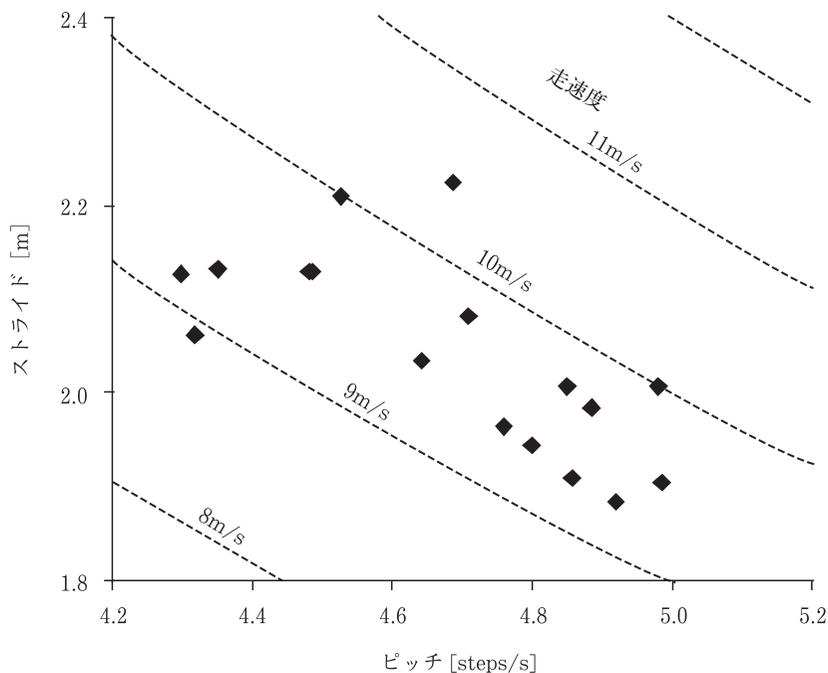


図1 走速度およびピッチとストライド分布

表3 スプリント走中のパラメータの相関係数

	走速度	ピッチ	スライド	接地時間	滞空時間	滞空比
走速度	1					
ピッチ	ns	1				
スライド	ns	-0.712**	1			
接地時間	ns	-0.838**	0.574**	1		
滞空時間	ns	-0.679**	ns	ns	1	
滞空比	ns	ns	ns	0.732**	-0.543*	1

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

0.103±0.006 s, 0.112±0.008 sであった。滞空比は平均で1.09±0.09であった。

表3は、実験で得られたパラメータの間の相関関係を示している。実験で得られたパラメータの中で、スプリント走パフォーマンスである走速度と統計的に有意な相関が認められたものはなかった。ピッチ、ストライドともに走速度との相関は認められず、ストライドは大きいほど走速度は高い傾向 ($0.05 < p < 0.1$) にあったが、統計的に有意ではなかった。接地時間と滞空時間の間には相関関係はみられず、ピッチとは両者とも有意な負の相関（接地時間； $r = -0.679$, $p < 0.01$, 滞空時間； $r = -0.838$, $p < 0.01$ ）が認められた。ストライドと滞空時間との間には有意な正の相関 ($r = 0.574$, $p < 0.05$) がみられたが、接地時間との間には有意な相関関係は認められなかった。滞空比は走速度、ピッチ、ストライドいずれとも有意な相関関係はみられなかった。

考 察

スプリント走パフォーマンスである走速度は、ピッチとストライドの積として求められる。したがって、パフォーマンスを高めるには、ピッチとストライドの一方、もしくは両方を大きくする必要がある。先行研究では、日本人と世界トップ選手との比較や、発育発達段階での変化などによって生じる走速度の違いは、ストライドの影響が大きい、もしくはピッチの相関がないとするもの（伊藤 1994, 加藤ら 2001）競技力向上に伴って、ピッチが向上したというもの（土江 2004）、ピッチ、ストライド両者とも走速度と関係が見られなかったという報告（尾形ら 1991）があるが、本研究においては、ピッチ、ストライドと走速度との間に有意な相関関係は見られなかった。これは本研究の被験者が比較的レベルが近い集団であるために、走速度との相関がみられなかったと推測される。また言い換えれば、レベルの近いスプリンターでは、それぞれの特長に合ったピッチとストライドを選択しており、ピッチとストライドそれぞれで走者間の走パフォーマンスを説明することはできないと考えられる。

また、ストライドは接地時間との間には有意な相関関係は見られなかったが、滞空時間との間に有意な相関が認められた。一方でピッチは、接地時間、滞空時間両者との間にも有意な相関が認められた。このことから、ストライドの向上には滞空時間の増加が、ピッチの向上には接地時間、滞空時間の短縮が有効であるということが示唆された。松尾ら（2008）は、走速度を変化させた際、接地中の移動距離は個人差が大きい、空中での移動距離は個人差に関係なくストライドと比例関係にあることから、空中での移動が重要であると指摘しており、これを裏付けるものとなっている。走速度はピッチとストライドの積で求められることから、走速度を向上させるにはピッチもしくはストライドの向上が必要である。滞空時間の延長はピッチの向上にはつながらず、同時にピッチの低下を引き起こすと考えられる。一方接地時間の短縮は、ピッチの向上をもたらすが、ストライドへの負の影響は小さいと考えられる。したがって、滞空時間を延長してストライドが向上すると同時に、それによるピッチの低下を接地時間の短縮により抑えることが速度の増加につながると考えられる。土江（2004）は、滞空時間を延長することにより、パフォーマンス向上を狙い、記録を上場させたと報告しているが、走速度とピッチ、ストライドの関係をうまく利用してパフォーマンス向上がされていたことが本研究の知見からも裏付けることができると考えられる。

一方で滞空比は走速度との間に有意な相関は認められなかった。先行研究ではスプリントパフォーマンスの高い選手の滞空比が低いと報告するもの（宮下 1992）もみられるが、本研究においては走速度、ピッチ、ストライドともに統計的に有意な相関は見られなかった。宮下（1992）によると、世界トップクラスの外国人選手の特長として、接地時間の長い外国人選手が日本選手と比べ

て滞空時間比が低いと報告している。これは松尾（2008）が述べているように、接地中の移動距離が重心高や下肢の長さなど、体の大きさによって幾何学的に制限されるため、体の大きな外国人との間に差がみられたと考えられる。本研究における被験者はすべて日本人学生選手であり、身長などの体の大きさのプロフィールが比較的似通っていたため、接地中の移動距離および接地時間のばらつきが小さく、走パフォーマンスへの影響が小さかったと推察できる。しかしながら、個人の競技力の向上を考える場合、発育発達段階を除いては、体の大きさが大きく変化することは期待できない。したがって、接地距離を大きくし、ストライドを獲得することは困難である。また、本研究で得られた結果から、接地時間の変化による、ストライドへの影響は小さいと考えられ、スプリント走パフォーマンスの向上は期待できない。したがって、滞空時間を延長することにより滞空期に進む距離を延長し、ストライドを獲得しつつ、それによるピッチの低下を接地時間の短縮により最小限に抑えることが、スプリント走パフォーマンス向上に有効であると考えられる。

滞空時間は接地中の鉛直方向への力積に依存するため（Hay 1993, 土江 2004）、接地時間が短縮する代わりに接地中の鉛直方向への力の大きさを大きくする必要がありと考えられる。しかし、単に接地時間を短くするように意識することにより、接地中の鉛直方向への力の発揮が弱まったり、その反力を受けにくくなったりすることも考えられる。より短時間で大きな力を出すように、高速度域での筋力（Tsuchie et al. 2008, 渡邊ら 2003）、RFD、伸張反射や筋の粘弾性（Kubo et al. 2000, 安部ら 1998）を有効に利用する技術的工夫など、体力的、技術的、意識的な向上や必要があると考えられる。また、今回の研究において、被験者のパフォーマンスの違いによる滞空比の違いは見られなかったが、パフォーマンス向上による接地時間と滞空時間の変化が起こった場合、個人内での記録の向上に伴って滞空比が変化すると考えられる。したがって、滞空比は個人間での比較ではなく、個人内のパフォーマンスの変化のパラメータとなりうると考えられる。

ま と め

本研究の結果より、最大努力でのスプリント走中における走速度とピッチ、ストライド、接地時間、滞空時間に影響を与える要素として、以下のことが示唆された。

1. 最大速度でのスプリント走中のピッチとストライドは、パフォーマンスと関係なく、選手によって選択されている。
2. 接地時間と滞空時間と走パフォーマンスとの関係は見られない。
3. 滞空時間はピッチと負の相関、ストライドと正の相関がみられ、接地時間はピッチとの間に負の相関がみられた。しかし接地時間がストライドに与える影響は認められなかった。
4. 滞空比は走速度の違いによる一定の傾向は見られなかった。

また、これらの結果から、スプリント走パフォーマンス向上への示唆として以下のことが考えられる。

1. 滞空時間の延長によるストライドの延長と、それによるピッチの低下を接地時間の短縮によって抑えることにより、パフォーマンスの向上が期待できる。
2. 滞空時間の延長と、接地時間の短縮を両立させるためには、短縮する接地時間内に大きな力を発揮するような体力的、技術的、意識的な向上が必要である

参考文献

- 安部孝, 深代千之 (1998) スプリント走における各局面の主要体力要素の研究。バイオメカニクス研究 2 (4) : 316-7。
- 阿江通良, 鈴木美佐緒, 宮西智久, 岡田英孝, 平野敬晴 (1994) 世界一流スプリンターの 100 m のレースパターンの分析 — 男子を中心に —。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班 (編) 世界一流競技者の技術 (第 3 回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書), ベースボールマガジン社, 東京, pp. 14-28。
- Hay J. G. (1993) *The biomechanics of sports techniques*, 4th Edition, Prentice Hall, New Jersey, pp. 396-412
- 伊藤章, 斉藤昌久, 佐川和則, 加藤謙一, 森田正利, 小木曾一之 (1994) 世界一流スプリンターの技術分析。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班 (編) 世界一流競技者の技術 (第 3 回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書), ベースボールマガジン社, 東京, pp. 31-49
- 加藤謙一, 宮丸凱史, 松元剛 (2001) 優れた小学生スプリンターにおける疾走動作の特徴。体育学研究 46 : 179-194。
- Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., Fukunaga, T. (2000) Elasticity of tendon structures of the lower limbs in sprinters. *Acta Physiol Scand.* 2168 (2) : 327-335
- 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 杉田正明 (2008) 男女 100 m レースのスピード変化。バイオメカニクス研究 12(2) : 74-83
- 松尾彰文 (2008) 最大下スピード練習の効果を高めるための提案 — ランニングパフォーマンスへの応用 —。体育の科学 58(11) : 756-764
- 尾縣貢, 中野正英 (1991) 疾走能力に影響を及ぼす動作要因。奈良教育大学紀要 (自然科学) 40(2), 21-28
- 杉田正明 (2003) 陸上競技・トラックレースの分析について。バイオメカニクス研究 7(1) : 82-88
- 土江寛裕 (2004) アテネオリンピックに向けての「走りの改革」の取り組み。スポーツ科学研究 1 : 10-17
- 土江寛裕, 松尾彰文, 磯繁雄, 福永哲夫 (2005) 陸上競技短距離選手にみられる加速走中のスティフネスの変化。東京体育学研究, 2005 年度報告, 29-32
- H. Tsuchie, K. Kobayashi, H. Kanehisa, Y. Kawakami, S. Iso, T. Fukunaga (2008) Assessment of Sprinting Abilities Using a Resistant Self-driven Treadmill. *International Journal of Sport and Health Science* 6 : 85-90
- 宮下憲 (1992) 世界トップスプリンターの疾走分析。バイオメカニクス学会誌 16(2) : 77-84
- 渡邊信晃, 榎本靖士, 大山圭悟, 宮下憲, 尾藤貢, 勝田茂 (2003) スプリント走の疾走動作および関節トルクと等速性筋力との関係。体育学研究 48 : 405-419
- 渡木正光, 秋田真介, 金高宏文 (2000) 100 m 走における疾走速度曲線の縦断的分析 — 最大疾走速度に影響する加速区間はどこか?。日本スプリント学会, 第 11 回大会発表資料。