

男子400mハードル選手を対象とした事例研究 — 14歩および15歩使用選手を対象として —

A Case Study of a Male 400M Hurdler -For Athletes Using 14 and 15 Steps-

野中 湊人、桑野 裕文、橋爪 善光
Keito Nonaka, Hirofumi Kuwano, Yoshimitsu Hashizume

要約

400mH は、400m を疾走中にハードルを 10 台跳び越える競技であり、全区間でトップスピードを維持することは難しい。そのため、トップレベルの選手においても、歩数を途中で変更するなど、様々なレースパターンが存在している。本研究では、日本トップレベルの記録を、ハードル間の歩数を 14 歩と 15 歩 2 つのレースパターンにおいて達成した選手の特徴を一事例として提示し、歩数変更がレースに与える影響を明らかにすることを目的とした。400m を 4 つの局面に分け、各局面における疾走速度、速度低下率、レース全体に占める割合と 400mH の記録の関係などをそれぞれ高校、大学、大学院、実業団期毎、ハードル間の歩数別に分析した。その結果、スタートから 5 台目までの前半局面の疾走速度は、競技歴を重ねるにつれ向上し、400mH の記録も向上していた。さらに、1 台毎に脚を入れ替えて逆脚を使用する 14 歩を使用した場合に、利き足のみの 15 歩よりも疾走速度は向上していた。そのため、スプリント能力が向上した場合に、逆脚を使用することを懸念し、15 歩のままピッチを速くして前半の疾走速度向上を狙うよりも、多少熟練度が低くても 14 歩を使用することで、前半の疾走速度は向上することが示唆された。

キーワード：400mH、陸上競技、事例研究、コーチング、レースパターン

1. 諸言

400mハードル走（以下、400mH）は曲走路を含む400mトラックに35m間隔で設置された10台のハードルを越えながら走る種目である。多くの選手がスプリント能力に合わせて、ハードル間を13歩から15歩程度で走っている。ハードル間の歩数は、ハードルを跳び越えてから最初に着地する脚を0歩目としてカウントしている。そのため、13歩や15歩など奇数歩で走る限り、ハードルを跳ぶ脚は、毎回同じ脚になる。しかし、14歩などの偶数歩で走る場合には、左右交互の脚でハードルを跳び越えていくことになる。多くの選手は400mの間に歩数の切り替えを行っており、その中での減速を最小限に留める技術が必要になってくる。

400mHの疾走時間はおおよそ50秒程度であり、

50秒間全力で走り続けることは難しい。そのため、最後まで走りきるためのペース配分や、疲労した状態で減速を少なくハードルを跳び越える技術などが重要となってくる。森田らは、400mHの記録向上には、2台目のハードルの疾走速度が速いことが重要であることを明らかにしている¹⁾。また、森丘らは、レース中盤の速度低下率を抑えることが記録の向上には重要であることを報告している²⁾。したがって、理想のレースパターンは、序盤に高い疾走速度を獲得し、中盤以降でその速度を維持することが重要である³⁾。しかし、実際のレース分析では、それ以外にも、後半区間の疾走速度と記録の間に相関関係が認められている例など、多様なレースパターンが報告されている⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。400mHのレースパターンは個人の体力

や技術、戦術に加えて、風向、風力、レーンの違いなどが複雑に関連し合った一つの結果であり、ある選手におけるレースパターンの変化に影響した要因の全てを説明することは容易ではない。

レースパターンに変化を生じさせ、記録向上を試みる際には、考慮すべき要因が多岐に渡る上、ある選手でうまくいった取り組みが他の選手にも適用可能であるとは限らない。このことから、実際のコーチングにおいては、選手の個別性を十分に把握し、実施するトレーニングを思案するプロセスを辿る。すなわち、選手の個別性を把握せずして、レースパターンに関する量的研究から得られた知見を活用することは困難を極める。これに関して森丘は、『90%の人に当てはまるが、10%しか説明できない（一般性の高い）』理論よりも、『10%の人にしか当てはまらないけれど90%説明できる（一般性の低い）』理論のほうが、むしろ現場では役に立つことも少なくない」として、個々の事例の赤裸々な記述を基にした質的研究の重要性を説いている¹⁰⁾。いままでの事例研究を大別すると、毎年国内外の主要大会を分析した横断分析¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾や、尾崎らの高校期から大学院期までを縦断的に分析した研究がある¹⁸⁾。森丘が重要性を説いている縦断的研究は、質的研究である横断的研究に比べて少ない。

400mHは選手個人によって様々な歩数展開を行っており、トップ選手になるにつれて、歩数は減っていくことが一般的である。尾崎らの縦断研究は、ハードル間を15歩で走る選手の事例研究であったが¹⁹⁾、15歩で疾走する日本トップ選手は少数であり、多くの選手は14歩もしくは13歩で疾走している。したがって、15歩の事例研究だけではなく、高校生が多く使用する15歩から、シニア期で多く使用される14歩へ歩数を減らした選手の過程を分析することで、高校生の競技力向上の一助になると考えられる。

以上のことから、本研究では、15歩および14歩使用時それぞれで、全国トップレベル相当を経験した選手のレースパターンを明らかにし、特徴を一事例として提示し、歩数変更がレースパターンに与える影響を明らかにすることを目的とした。

2.方法

(1) 対象者

対象者は陸上競技歴14年、400mH競技歴10年の男子選手である。対象者は、13歳から15歳まで野球部の傍ら、秋の1ヶ月程度、陸上大会へむけて陸上競技を取り組んでいた。14歳までは100m、15歳では100mハードル（以下100mH）を専門としていた。16歳からは陸上部に所属し、16歳は110mハードル（以下110mH）を専門にし、17歳から18歳までは、110mHと兼ねて400mHに取り組み始めた。尚、対象者は中学、高校時代はそれぞれの学校の指導者によるトレーニング計画、コーチングの下、競技に取り組んだ。

大学入学後の19歳以降は、400mHに種目を絞って競技に取り組んだ。また、大学時代は専門的な指導者はおらず、高校時代のトレーニング内容を参考に対象者自身が練習メニューを作成し、実践した。大学院進学後の23歳から24歳は、400mHで世界陸上入賞経験を持つ専門的指導者の下で競技に取り組み、25歳以降は、対象者自身でメニューを作成し、競技を継続している。

高校3年次の2014年6月に記録した53秒59はその年の高校生ランキング66位、大学4年次の2018年9月に記録した50秒38は、その年の大学生ランキング9位で、日本ランキング20位相当、実業団2年目の2022年8月に記録した50秒12は日本ランキング19位（2022年11月現在）に相当する記録だった。

また、高校3年時から大学4年時の記録の伸び率は日本ランキング1位であり、さらに、2018年の日本インカレ4位、2019年の日本選手権出場など大学4年時から、トップアスリートとして活躍している。各カテゴリーの400mHの記録、100m走（以下、100m）の記録、身長を表1に示す。

(2) 分析対象レース

分析に使用した試合動画は次のように決定した。対象者が初めて400mHに出場した2013年4月から2022年11月までに出場した全113レースで、ビデオ撮影された映像、またはテレビ中継、インターネット上にアップロードされた映像資料を用いた。使用した動画は60fpsまたは30fpsであった。

ハードルを飛び越えたあとの着地の瞬間が鮮明に映っていなかったレースについては、正確な区

間タイムが計測できないため除外した。その結果対象レースは36レースとなった。さらに、各年の平均タイムとその標準偏差を算出し、各年の平均記録に標準偏差を足した記録を下回ったレースに関しては、ハードルに脚をぶつけて大きくバランスを崩したなど、何らかの要因によって、他の試合とレースパターンが異なる可能性があるため、分析対象から除外した。最終的に、本研究では、35レースを分析した。

(3) 分析区間定義

レースパターンは、ハードル間の所要時間等を基に分析する。したがって、森丘ほか²⁰⁾にならない、区間を定義した(図1)。まず、Startから第1

表1 対象者のカテゴリー毎の100m、400mH、身長記録。高校期の身長および大学院期の100mおよび身長は計測していないため未計測としている。100m記録のカッコ内は風力を表している。身長のカッコ内は計測日を表す。

カテゴリー	400mH	100m	身長
高校	53秒59	11秒71 (± 0.0)	未計測
大学	50秒38	11秒26 (+0.1)	178cm (2015年4月) 177.1cm (2017年5月)
大学院	50秒83	未計測	未計測
実業団	50秒12	10秒98 (+1.9)	177.9cm (2022年4月)

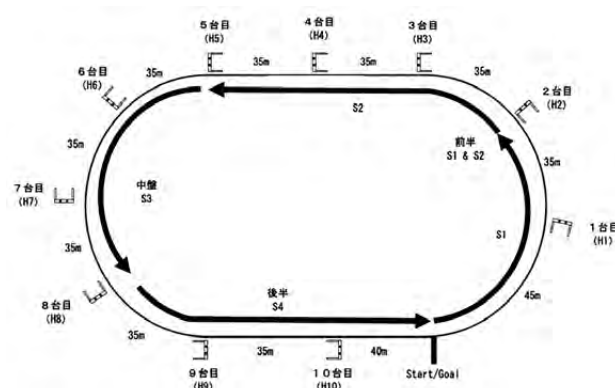


図1 1周400mの陸上競技場の模式図。右下のスタートからゴールまでの間に10台のハードルが設置されている。

ハードル(以下、H1)までの区間をS-H1とし、順にハードル間を、H1-2、H2-3、H3-4、H4-5、H5-6、H6-7、H7-8、H8-9、H9-10、最終ハードル(10台目)からゴールまでをH10-Gとした。また、局面ごとにも分析を行うため、尾崎ほか²¹⁾を参考に、スタートから加速し、最高区間速度が多く出現する第2ハードル(以下、H2)までをSection1(以下、S1)とし、H2からH5までをSection2(以下、S2)とし、S1およびS2をあわせて、レースの前半区間とした。レースの中盤区間となるH5からH8までをSection3(以下、S3)、レース後半区間としてH8からゴールまでをSection4(以下、S4)とした。

(4) 区間記録の測定方法

Coach's Eye(TechSmith社製)を用いて1/100秒ごとの時刻を付したレース映像をコマ送りにし、ハードルを跳び越えた最初の脚が着地した時刻を、ハードルタッチダウンタイムとして計測した。得られたタッチダウンタイムを基に、10台目までの各ハードル間のタイムは出発信号から1台目、1台目から2台目と順に算出した。H10-Gの区間タイムは、公式タイムとH10のタッチダウンタイムの差とした。しかし、本研究で用いた映像のうち17レースについては、スタート時の出発信号(ピストルからの白煙や閃光)が鮮明に映っていなかった。そこで、出発信号が鮮明に映っていた18レースにおいて、出発信号が映った瞬間から、対象者が動き出すまでの時間を算出し、その平均値を用いて出発信号の時間を算出した。その結果、対象者の動き出しと出発信号の時間差は 0.17 ± 0.02 秒であった。このことから、出発信号が鮮明に映らなかったレースの分析については、対象者の動き出しからH1までのタイムに 0.17 秒を加えたものを当該タイムとすることとした。

(5) 算出項目

(a) 疾走速度

区間速度およびSection速度は、対象距離を要した時間で除す事により求めた。また、各Sectionにおける速度をそれぞれVs1、Vs2、Vs3、Vs4とした。

(b) 相対的疾走速度

レース記録に左右されない疾走速度の変化を相対的疾走速度として、以下の式より求めた。

・相対的疾走速度(%)

$$= \frac{\text{区間平均疾走速度}}{\text{400mH平均疾走速度}} \times 100$$

相対的疾走速度は、値が大きいほど、レースの中で速く走っていることを表しており、値が小さいほど、レースの中で、遅く疾走していることを表す。また、100%を越えたところは、レース全体の平均速度以上で疾走していることを表す。

(c) 速度低下率

区間速度の最高値と最低値を基に、レース全体の速度低下率を示す指標を全体速度低下率（以下、Dmin/max）として、以下の式より求めた。

$$\begin{aligned} &\bullet \text{ Dmin/max}(\%) \\ &= [1 - (\text{最低速度} / \text{最高速度})] \\ &\quad \times 100 \end{aligned}$$

Dmin/maxは、数値が小さいほど、レース全体をイーブンペースで走っており、数値が大きいほど、レースのペースに波があることを表す。また、S1-S2、S2-S3、S3-S4の疾走速度低下率（以下、それぞれDs2/s1、Ds3/s2、Ds4/s3）を以下の式により求めた。

$$\begin{aligned} &\bullet \text{ 各Section速度低下率}(\%) \\ &= [1 - (\text{後のSection速度} \\ &\quad / \text{前のSection速度})] \times 100 \end{aligned}$$

各Sectionにおける疾走速度低下率が0に近いほどペースの乱れが少ない事を表す。

(d) Sectionタイム比

選手の絶対的な疾走速度に左右されないペース配分の指標に、そのSectionに要した時間が記録の何%を占めるかを表す、Sectionタイム比（以下、それぞれ% s1、% s2、% s3、% s4）を用いた。Sectionタイム比は、以下の式により算出した。

$$\begin{aligned} &\bullet \text{ Sectionタイム比}(\%) \\ &= (\text{Sectionタイム} \\ &\quad / \text{400mHの記録} \times 100) \end{aligned}$$

(e) 統計分析

全レース、大学、大学院、実業団の4カテゴリーを対象に、レースパターンのそれぞれの分析項目と400mHの記録の関係を検討するために、ピアソンの積率相関係数を用いて相関分析を行った。高校期については、本研究では3レースと分析対象が少なかったため、統計分析を行っていない。

い。本分析における有意水準は5%未満とした。

3. 結果

(1) カテゴリー毎の疾走速度について

図2、表2に、各Sectionの平均疾走速度と400mHの記録の関係を示す。縦軸は、400mHの記録を表す。横軸は、各Section疾走速度であり、数値が大きいほど速く走っていることを表す。■、●、▲、◆の各記号はそれぞれ高校期、大学期、大学院期、実業団期の記録を示す。相関分析を行った結果、大学期は、Vs1、Vs2、Vs3、Vs4と400mHの記録の間にそれぞれ有意な強い相関が認められた（表2）。また実業団期は、Vs3と400mHの記録の間に有意な強い相関が認められた（表2）。したがって、大学期では、序盤から終盤までのどのSectionにおいても疾走速度が速いほど、400mHの記録は速いということが明らかとなった。また、他のカテゴリーでは、実業団期において、中盤区間のみ疾走速度が速いほど、400mHの記録は速いということが明らかとなった。

図3に各Sectionの平均疾走速度の変化を示す。縦軸は、疾走速度であり、数値が大きいほど、速く疾走していることを表し、横軸は、Sectionを表す。S1およびS2の平均疾走速度は、競技歴に伴って高くなっていった。S3の平均疾走速度は、大学院期および実業団期と高校期および大学期はそ

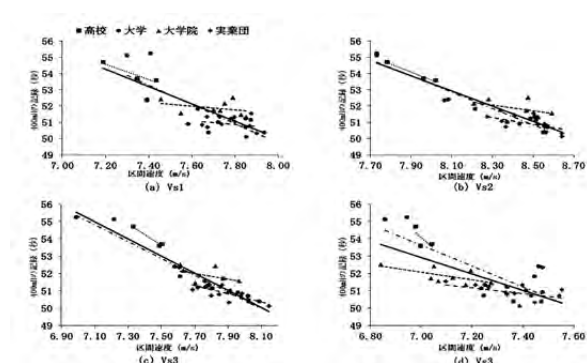


図2 各Sectionの疾走速度と400mHの記録の関係。縦軸は400mHの記録、横軸は平均疾走速度を表す。図中の■、●、▲、◆はそれぞれ高校、大学、大学院、実業団期の結果を示す。

表2 各Sectionの疾走速度と400mHの記録の関係。図2における相関係数およびp値を示す。

	400mHの記録	
	全レース	
	相関係数	p 値
Vs1	-.806	2.99×10^{-9}
Vs2	-.921	1.81×10^{-15}
Vs3	-.919	2.87×10^{-15}
Vs4	-.720	7.25×10^{-7}
大学		
	相関係数	p 値
Vs1	-.752	1.92×10^{-3}
Vs2	-.959	6.57×10^{-8}
Vs3	-.968	1.34×10^{-8}
Vs4	-.792	7.32×10^{-4}
大学院		
	相関係数	p 値
Vs1	-.645	.084
Vs2	-.506	.201
Vs3	-.457	.255
Vs4	-.356	.387
実業団		
	相関係数	p 値
Vs1	-.521	.100
Vs2	-.582	.060
Vs3	-.708	.015
Vs4	-.248	.461

れぞれ同程度の速度になっており、大学院期および実業団期が高校期および大学期より速くなっていた。S4は、速度の高い順に、実業団期、大学期、大学院期、高校期の順になっていた。

図4にカテゴリー別の平均疾走速度および相対的疾走速度の変化を示す。第一縦軸、第二縦軸はそれぞれ平均疾走速度、相対的疾走速度を表し、横軸は対象区間を表す。平均疾走速度の結果は、全カテゴリーで、H1-H2区間で最高疾走速度に達していた。さらにH1-H2区間の疾走速度は競技歴を重ねるに伴って高くなっていた。その後H2以降は徐々に減速していたが、大学期はH8以降で、高校期はH9以降で、再度疾走速度は前区間の疾走速度より高くなっていた。

相対的疾走速度の結果は、前半局面となるス

タートからH5区間までにおいて、大学院期および実業団期が、高校期、大学期より、実業団期のH3-H4区間を除いて速くなっていた。一方、後半局面となるH8以降は、高校期および大学期が、大学院期および実業団期より、実業団期のH9-H10区間を除いて速くなっていた。中盤局面となるH5-H8までは全カテゴリーとも同程度の速さであった。

(2) 歩数別の疾走速度について

図4に歩数別の平均疾走速度および相対的疾走速度の変化を示す。第一縦軸、第二縦軸はそれぞれ平均疾走速度、相対的疾走速度を表し、横軸は対象区間を表す。本研究では、レース記録に影

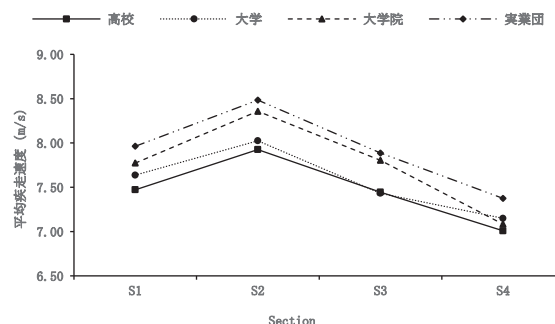


図3 Section毎の平均疾走速度の変化。縦軸は平均疾走速度を表し、横軸はSectionを表す。図中の■、●、▲、◆はそれぞれ高校、大学、大学院、実業団期の結果を示す。

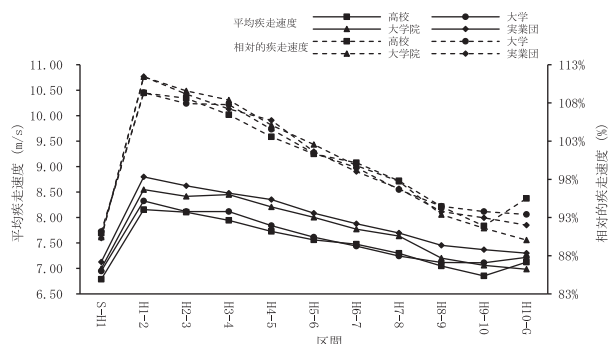


図4 カテゴリー別の平均疾走速度および相対的疾走速度の変化。第一縦軸、第二縦軸はそれぞれ平均疾走速度、相対的疾走速度、横軸は区間を表す。図中の実線、破線はそれぞれ平均疾走速度と

相対的疾走速度の結果を示す。プロットしたマーカーの分類は、図3と同様。

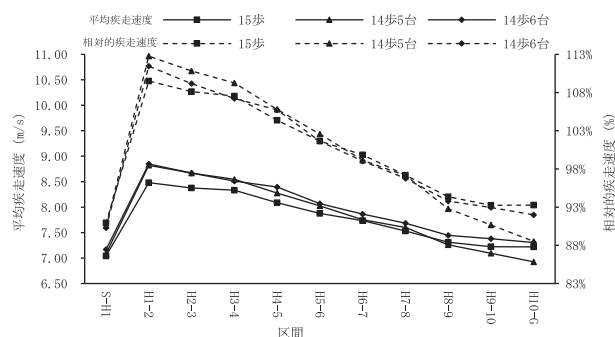


図5 歩数別の平均疾走速度および相対的疾走速度の変化。第一縦軸、第二縦軸はそれぞれ平均疾走速度、相対的疾走速度を表し、横軸は区間を表す。図中の実線、破線はそれぞれ平均疾走速度と相対的疾走速度の結果、■、▲、◆はそれぞれ15歩群、14歩5台群、14歩6台群を示す。

響を与えるとしてされているレース前半の歩数展開をもとにレースパターンを分類した。その結果、15歩でH8程度まで疾走する15歩群、14歩で5台目まで疾走する14歩5台群（以下、14歩5台群）、14歩で6台目まで疾走する14歩6台群（以下、14歩6台群）の3群に分類した。■、▲、◆の各記号はそれぞれ15歩群、14歩5台群、14歩6台群の疾走速度を示す。平均疾走速度は、記録と相関の見られているH1-H2区間において、14歩5台群および14歩6台群は同程度であり、15歩群と比較して0.4m/s程度速くなっていた。

相対的疾走速度は、H1-H2区間において、速度の高い順に、14歩5台群、14歩6台群、15歩群になっていた。続いて、14歩6台群および15歩群は、後半区間となるH8以降、ゴールに向かって徐々に減速していた。一方、14歩5台群は、他の群と比較してH8以降に大きく低下していた。

図6に14歩と15歩を同じ時期に使用した大学院期の歩数別の平均疾走速度および相対的疾走速度を示す。第一縦軸、第二縦軸はそれぞれ平均疾走速度、相対的疾走速度を表し、横軸は対象区間を表す。■、▲の各記号は、それぞれ15歩、14歩5台の疾走速度を示す。平均疾走速度は、前半区間で

あるH5までにおいて、14歩5台群が15歩群より速くなっていた。H6以降は、15歩群が14歩5台群より速くなっていた。

相対的疾走速度の結果は、平均疾走速度と同様に、前半区間であるH5までは、14歩5台群が15歩群より速くなっていた。また、H6以降は、15歩群が14歩5台群より速くなっていた。

(3) 速度低下率について

図7、表3に、レース全体および、各Sectionの疾走速度低下率と400mHの記録の関係を示す。プロットしたマーカーの分類は図2と同様、高校、大学、大学院、実業団期を示す。Ds2/s1の結果が、負の数値になっているのは、S1からS2に向けて加速していることを表す。それぞれ相関分析を行なった結果、大学期のDs2/s1、Ds4/s3と400mH記録の間にそれぞれ有意な相関関係が認められた（表3）。したがって、大学期は、S1からS2にかけて加速しているほど、記録が良いという結果を得た。また、S3からS4の速度低下率が大きい場合に、記録が良いという結果も得た。

(4) Sectionタイム比について

図8、表4に、Sectionタイム比と記録の関係を示す。縦軸は400mHの記録であり、横軸はSectionタイム比を表す。Sectionタイム比は値が小さいほど、全体の記録に対して、対象区間に要した時間が短いということである。プロットしたマーカー

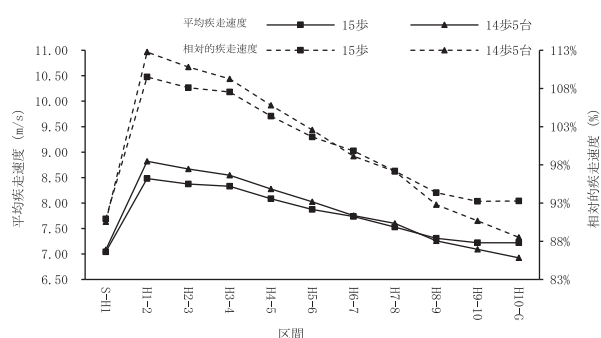


図6 大学院期における歩数別の平均疾走速度および相対的疾走速度の変化。第一縦軸、第二縦軸はそれぞれ平均疾走速度、相対的疾走速度、横軸は区間を表す。図中の実線、破線はそれぞれ平均疾走速度と相対的疾走速度の結果、■、▲はそれぞれ15歩群、14歩5台群を示す。

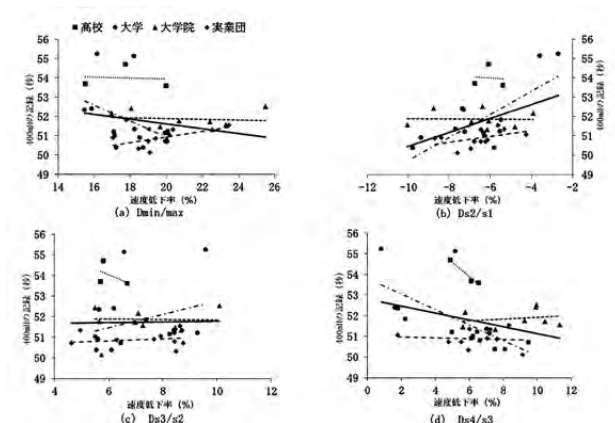


図7 レース全体および各Sectionの疾走速度低下率と400mHの記録の関係。縦軸は400mHの記録、横軸は速度低下率を表す。プロットしたマーカーの分類は図2と同様。

の分類は図2と同様、高校、大学、大学院、実業団期を示す。それぞれ相関分析を行なった結果、大学期の400mHの記録と% S3の間にのみ有意な相関関係が認められた(表4)。したがって、大学期は、レース全体の中で、第3コーナーを走っているS3に要する時間が短い時に、記録がいいという結果を得た。

4. 考察

(1) 前半区間のレース展開について

本研究のS1、S2の平均疾走速度は、高い順に、実業団期、大学院期、大学期、高校期であり、ジュニア期からシニア期に向けて順に高くなっていった(図3)。次に、S1、S2における相対的疾走速度は、高校期および大学期より、大学院期および実業団期が速くなっていた(図4)。また、大学院期を除いた各カテゴリーで自己ベストを更新していた(表1)。したがって、本研究の対象者は、カテゴリー毎にS1およびS2の疾走速度を向上させることで、前半型のレースパターンに移行し、400mHの記録を更新していたと考えられる。

400mHのレース分析において、森田らは、400mHの記録向上には、H2までの疾走速度の改善が重要であると報告している²²⁾。また、森丘らは、日本代表レベルのジュニア期とシニア期のレースパターンの比較から、ジュニア期は、レース前半

の疾走速度が低く、シニア期に向けてレース前半の疾走速度が高いレースパターンへ移行していたことを報告している²³⁾。さらに、尾崎らは、高校トップレベルの選手でレース後半の疾走速度が相対的に高い選手は記録レベルが高く、その後の記録向上時にはレース前半の疾走速度の改善が多く見られることを報告している²⁴⁾。以上のことから、本研究の対象者は、特殊な記録の成長を遂げたのではなく、比較的オーソドックスな成長をしていたと考えられる。

本研究では、大学期の400mHの記録と前半局面の平均疾走速度の間に、有意な相関関係が認められた(図2、表2)。また、400mHの記録とS1からS2の速度低下率の間にも有意な相関関係が認められた(図7)。したがって、前半局面全体の疾走速度を向上させ、S1からS2までに加速できているほど400mHの記録は速いことが明らかとなった。向上させるべき疾走速度は、歩幅(以下、ストライド)と足の回転数(以下、ピッチ)によって決定する。400mHの場合は、ハードル間の歩数が決まっているため歩数を変更しない限りストライドは変わらず、大学期はハードル間を15歩で疾走していた。対象者は、スプリント能力が向上していることを実感しており、大学院期のレースでは、前半の疾走速度の向上を目的として、歩数は15歩のままピッチを速くすることを目指したレースと、歩数を14歩にしてストライドを伸ばすことを目的としたレースの2種類を試していた。実際に、スプリント能力の指標と考えられる100mの記録は、高校3年時(2014年)の11秒71から、大学4年時(2018年)は11秒26、実業団2年目(2022年)は10秒98まで伸びていた(表5)。2つのレースパターンを試した結果、14歩を使用した時において、15歩を使用した時より疾走速度は速くなっていた(図6)。したがって、100mが10秒後半程度のスプリント能力では、15歩を用いてピッチを速くするレースパターンよりも、歩数を14歩へ減らし、ストライドを広げるレースパターンへ変更することが、前半の疾走速度の向上には有効であると明らかになった。

表3 レース全体および各Sectionの疾走速度低下率と400mHの記録の関係。図7における相関係数およびp値を示す。

400mH の記録		
全レース		
	相関係数	p 値
Vs1	-.220	.198
Vs2	-.457	.005
Vs3	.018	.919
Vs4	-.328	.051
大学		
	相関係数	p 値
Vs1	-.400	.156
Vs2	.734	.003
Vs3	.303	.293
Vs4	-.651	.012
大学院		
	相関係数	p 値
Vs1	-.115	.787
Vs2	-.035	.935
Vs3	-.041	.924
Vs4	.206	.634
実業団		
	相関係数	p 値
Vs1	.550	.079
Vs2	-.457	.158
Vs3	.178	.601
Vs4	-.096	.774

表4 各Sectionタイム比と400mHの記録の関係。図8における相関係数およびp値を示す。

400mH の記録		
全レース		
	相関係数	p 値
Vs1	-.249	.143
Vs2	.327	.051
Vs3	.339	.043
Vs4	-.245	.149
大学		
	相関係数	p 値
Vs1	-.427	.128
Vs2	.496	.071
Vs3	.736	.003
Vs4	-.449	.128
大学院		
	相関係数	p 値
Vs1	-.131	.757
Vs2	-.069	.871
Vs3	-.093	.827
Vs4	.232	.581
実業団		
	相関係数	p 値
Vs1	-.429	.188
Vs2	-.010	.977
Vs3	.251	.456
Vs4	.077	.821

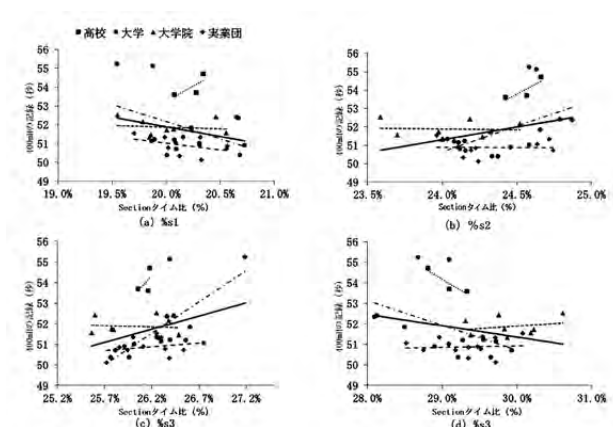


図8 各Sectionタイム比と400mHの記録の関係。縦軸は400mHの記録、横軸はレース全体に占めるS1の時間を表す。プロットしたマーカーの分類は図2と同様。

歩数の変更には難しい点もある。例えば、15歩から14歩へ変更することは、ハードルを跳び越える（以下、ハードリング）脚を、1台毎に左右入れ替えていく必要があり、難易度が高い。ハードル種目は小学生から始めることができるが、400mH以外のハードル種目はハードル間を3歩で走ることが多く、ハードルを跳ぶ脚はいつも同じ脚となる。そのため利き脚で跳ぶことには慣れているが、非利き脚でのハードリングに慣れていない。ましてや全力疾走中に1台ずつ左右交互に脚を変えながらハードルを跳ぶことは、非常に難しい技術であると考えられる。実際に、指導現場においても、逆脚の技術度を心配して、歩数を15歩から変更せず、レースを展開している学生が多い。また、対象者自身も、歩数を変更した当初の大学院期は、カーブにおける逆脚でのハードリング時に外に体を振られてしまい、バランスを崩す

など苦戦した。14歩にすることで、前半の疾走速度は向上したが、動きに慣れていない段階であり必要以上に精神的、体力的に疲弊し、前半局面以外の部分に悪影響を及ぼし、前半の疾走速度は向上したが、400mHの記録の向上には繋がらなかった(表1、図2、図6)。しかし、逆足に慣れた実業団期には自己ベストを更新することができている。

以上のことから、スプリント能力が高く14歩を使用できる場合には、逆脚の熟練度を心配して15歩のみを使用しピッチを向上させるよりも、多少逆脚の熟練度が低いままでも、14歩に変更して、ストライドを伸ばしたほうが、前半の疾走速度の向上には有効であると明らかになった。また、14歩にすることで、前半の疾走速度の向上には成功するが、400mHの記録を短縮するには、逆脚へ慣れることも重要であり、早い段階での逆脚トレーニングや実戦での逆脚使用などを行なっていくことで早期に400mHの記録に貢献すると考えられる。

(2) 中盤区間について

大学期と実業団期のS3の平均疾走速度と記録の間には、相関関係が認められた(図2、表2)。また、大学期の% S3と記録の間にも相関関係が認められた(図8、表4)。森丘らの47秒台から49秒台を対象とした横断研究でも、% S3と400mHの記録および、中盤の平均疾走速度と400mHの記録の間に相関関係が認められている²⁵⁾。以上のことから、400mHの記録向上には、中盤局面の疾走速度の向上が重要であり、レース全体に占める中盤区間に要する時間を減らすことが記録短縮に有効であると、先行研究同様に明らかとなった。

本研究では、Ds3/s2と400mHの記録の間に相関関係は認められていない(表3、図7)。しかし、オリンピック出場選手など、本研究よりトップレベルの選手を対象とした横断研究では、前半から中盤への速度低下率と400mHの記録にも相関関係が認められている²⁶⁾。そのため、中盤の疾走速度向上に加え、前半から中盤局面での速度低下率を抑えることで、今後、49秒台など自己記録を更新できると考えられる。前半から中盤局面の速度低下率を抑えるには、歩数切り替え時の意図的な

ピッチアップが必要であると考えられる。現在、対象者は、H6-H7区間で15歩へ歩数を増やしている。また、一般的に前半のハードル間を14歩で疾走する選手も、中盤局面で15歩へ切り替えを行なっている²⁷⁾。歩数を増やすということは、ストライドは短くなっていることであり、14歩時のピッチからさらにピッチを速くしないと減速してしまう。したがって、脚の切り替え区間に、意図的にピッチを速くする練習などを取り入れることで、更なる記録向上に寄与すると考えられる。

(3) 後半区間について

大学期のDs4/s3と400mHの記録の間に有意な相関関係が認められた(表3、図7)。また、本研究において、大学期は、前半、中盤区間の疾走速度が速いほど、400mHの記録は良く、前半、中盤の疾走速度が速くなるような前半型のペース配分に移行していたと考えられる。400mHは全局面を全力疾走することは難しい。そのため、前半、中盤が速くなればなるほど、余力が残っておらず後半局面は、遅くなり、中盤から後半への減速率は大きくなったが、前半を改善することで400mHの記録は向上したと考えられる。

一方、Vs4と400mHの記録の間に相関関係が認められた(図2、表2)。したがって、前半型になることで、後半の疾走速度は遅くなるが、中でもできる限り速く走ることの重要性が明らかとなった。尾縣らは、400mHのレース後半の疾走速度には、有酸素性作業能力が優れていることが重要であると報告している²⁸⁾²⁹⁾。したがって、後半の疾走速度向上のために有酸素性作業能力を向上させるいわゆる走り込みと言われるような練習の重要性が示唆された。

本研究の大学期は、15歩のレースパターンである。14歩のレースパターンとなる大学院、実業団期には、後半の疾走速度と400mHの間に有意な相関は認められていない。しかし、14歩は15歩よりも前半の疾走速度が速い前半型であり、後半に速度が落ちやすい(図5)。そのため、14歩使用時に、後半の速度低下を抑えることは、400mHの記録更新において15歩時より重要な可能性が考えられる。しかしながら、本研究では、14歩のレースデータが少ない。今後は14歩のレースデータをさ

らに蓄積し、分析することで14歩時の後半局面について詳細に明らかにしたい。

5.まとめ

本研究では、全国トップレベル相当の男子400mH選手のレースパターンを明らかにし、特徴を一事例として提示すること、また、歩数展開がレースに与える影響を明らかにすることを目的とした。400mを4つのSectionに分け、各局面における疾走速度、速度低下率、レース全体に占める割合と400mHの記録の関係をそれぞれ高校、大学、大学院、実業団の 카테고리別、さらに、ハードル間の歩数別に分析した。その結果、まず前半局面では、競技歴を重ねるにつれ、疾走速度は、絶対的・相対的に向上していた。また、疾走速度が速くなるにつれ、400mHの記録も良くなっていた。したがって、前半の疾走速度を向上させることで記録を更新したことが明らかとなった。さらに、15歩よりも14歩を使用することで、前半局面の疾走速度は向上していた。そのため、スプリント能力が向上した場合に、逆脚に不安があるからと15歩を使用しつづけピッチを速くするよりも、多少熟練度が低いままでも14歩を使用することで前半の疾走速度は向上することが明らかになった。

次に、中盤局面では、疾走速度を、絶対的、相対的に向上させることが400mHの記録向上には重要であると明らかになった。また、本研究では速度低下率と400mHの記録の間に相関は認められなかった。しかし、世界トップ選手を対象とした研究では相関が認められていることから、速度低下を抑えることも重要である可能性が考えられる。14歩を使用する時には14歩から15歩への歩数の切り替え局面であるため、ピッチを意図的に上げて、減速の少ないスムーズな切り替えを行うことが、今後の課題として示唆された。

最後に、後半局面の大学期では、前半の疾走速度を上げるレースパターンに移行していたため、余力が残っておらず、中盤から後半にかけて疾走速度は減速していた。しかし、後半の疾走速度と400mHの記録の間には相関関係が認められたことから、減速する中でもできる限り速く走ることが

重要であり、有酸素性作業能力の向上が寄与すると明らかになった。さらに14歩を使用した場合の方が、より前半型になり後半の疾走速度は減速しやすいため、後半の疾走速度をあげることは重要であると考えられるが、本研究では、レース数が少ないため、今後より多くのレースを分析することで、さらに詳細に明らかにできると考えられる。

注・参考文献

- 1) 森田正利、伊藤章、沼澤秀雄、小木曾一之、安井年文「スプリントハードル(100mH、110mH)および男女400mHのレース分析」[佐々木秀幸ほか監修]『世界一流陸上競技者の技術―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―』1994年、66頁-91頁。
- 2) 森丘保典、杉田正明、榎本靖士「陸上競技400ハードル走における一流男子選手のレースパターン分析」『バイオメカニクス研究』9巻、2005年、196頁-204頁。
- 3) 安井年文、串間敦郎、青山清英、小木曾一之「男子400mH走におけるレース分析について」『第13回日本バイオメカニクス学会大会論文集―身体運動のバイオメカニクス―』1996年、206頁-210頁。
- 4) 同前論文、206頁-210頁。
- 5) 荻部俊二、尾縣貢、安井年文、山崎一彦、関岡康雄「国内トップハードラーのレースパターンと体力特性との関係」『陸上競技研究』45巻、1999年、2頁-7頁。
- 6) 森丘保典、阿江通良「日本人初の400mH48秒台レースの徹底分析―第77回日本選手権における一流男子400mハードラーのスピード変化―」『陸上競技マガジン』7巻、1993年、92頁-111頁。
- 7) 森丘保典、阿江通良、岡田英孝「日本一流男子400mハードル選手のレースパターンの分析―95ユニバーシアード福岡大会に注目して―」『日本体育学会第47回大会号』47巻、1996年、357頁。
- 8) 森丘保典、杉田正明、松尾彰文、岡田英孝、

- 阿江通良、小林寛道「陸上競技男子400mハードル走における速度変化特性と記録との関係：内外一流選手のレースパターンの分析から」『体育学研究』45巻 3号、2000年、414頁–421頁。
- 9) 尾縣貢、安井年文、大山卞圭悟、山崎一彦、荻部俊二、高本恵美、伊藤穰、森田正利、関岡康雄「一流400mランナーにおける体力的特性とレースパターンとの関係」『体育学研究』45巻、2000年、422頁–432頁。
 - 10) 森丘保典「コーチング学における事例研究の役割とは？：量的研究と質的研究の関係性」『コーチング学研究』30巻 3号、2017年、7頁–15頁。
 - 11) 森田、前掲論文、66頁–91頁。
 - 12) 森丘、前掲論文、2005年、196頁–204頁。
 - 13) 安井、前掲論文、206頁–210頁。
 - 14) 森丘、前掲論文、1993年、92頁–111頁。
 - 15) 森丘、前掲論文、1996年、357頁。
 - 16) 森丘、前掲論文、2000年、414頁–421頁。
 - 17) 尾縣、前掲論文、422頁–432頁。
 - 18) 尾崎雄佑、上田毅「400mハードル選手のトレーニングに関する事例研究：10年間に亘るレースパターンの変遷とレースパターン分析を用いたトレーニング実践から」『スポーツパフォーマンス研究』12巻、2020年、495頁–522頁。
 - 19) 同前論文、495頁–522頁。
 - 20) 森丘、前掲論文、2005年、198頁。
 - 21) 尾崎、前掲論文、2020年、500頁。
 - 22) 森田、前掲論文、66頁–91頁。
 - 23) 森丘保典「陸上競技の普及・育成・強化の連続性について考える—最適種目選択のためのトランスファーに向けて—」『スプリント研究』25巻、2015年、7頁–13頁。
 - 24) Ozaki, Y. Ueda, T. Fukuda, T. Adachi, T. “Relationship between velocity changes and subjective effort in top-level high-school 400m hurdlers” *Journal of physical exercise and sports science*, vol.23 no.2, (2018):pp.79–87.
 - 25) 森丘、前掲論文、2000年、414頁–421頁。
 - 26) 同前論文、414頁–421頁。
 - 27) 森丘、前掲論文、2005年、196頁–204頁。
 - 28) 荻部、前掲論文、2頁–7頁。
 - 29) 尾縣、前掲論文、422頁–432頁。