

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

尾崎雄祐, 上田毅  
広島大学大学院教育学研究科

キーワード: 400m ハードル走, レースパターン, トレーニング計画, 発達段階,  
パフォーマンス向上

【要 旨】

本研究では一人の 400m ハードル選手の初レース(59.69 秒)から 50.30 秒に達するまでの 10 年間の記録とレースパターンの変遷, および 4 年間のレースパターン分析を用いたトレーニング実践事例を, 対象者の主観的視点から記述し, 記録向上に寄与した要因を検討した. その結果, 10 年間という長期の記録とレースパターンの関係には横断的な先行研究と同様の傾向がみられた一方, 高校期, 大学期, 大学院期ごとの関係はそれぞれ異なった. さらに, 実際の記録更新時のレースパターンの変化は, 中長期的な記録とレースパターンの関係性と必ずしも一貫しなかった. また, 対象者は体力的要因の向上を土台に技術, 戦術的要因を擦り合わせ, レースイメージの変容とともに記録を向上させており, レースパターン分析は目標のレースイメージに合目的な体力, 技術, 戦術トレーニングを採用する際の指針となった. 以上のことから, 400m ハードル走では発達段階やレースパターンなどの個別性, 目標設定のスパンにより効果的なトレーニング戦略は大きく異なる可能性があり, レースパターン分析は, 個別のトレーニング課題設定時の指針として有用である考えられた.

スポーツパフォーマンス研究, 12, 495-522, 2020 年, 受付日: 2020 年 3 月 29 日, 受理日: 2020 年 9 月 8 日

責任著者: 尾崎雄祐 739-0036 東広島市西条町田口 970 グリーンリブス B206

d185353@hiroshima-u.ac.jp

\* \* \* \*

**Training a 400 meter hurdler: changes in race pattern and training practice based on an analysis of his race pattern over 10 years**

Yusuke Ozaki, Takeshi Ueda  
Graduate School, Hiroshima University

Key words: 400m hurdles, race pattern, training plan, developmental stage,  
improvement of performance

**[Abstract]**

The present study describes from subjective point of view the training experiences of a male 400 meter hurdler who improved from 59.69 sec to 50.40 sec in the course of 10 years, and proposes factors that may have contributed to his improvement, using changes in his results, race pattern, and training practice. Similar results were found in an earlier cross-sectional study of 10 years' records and race patterns, although the reported relationship between the high school, university and graduate school results was not similar to that for the present participant. Furthermore, the change in his race pattern at the time of the record update was not consistent with the changes in the middle-range period. The hurdler achieved his results after improvements in his physical strength, technical and tactical elements, and changes in the race image. The analysis of the race pattern that was a guideline for selecting the physical, technical, and tactical training suggests that effective training strategies for the 400 meter hurdles may depend on individual elements such as developmental stage and race pattern, as well as objective goal setting. Thus analysis of the race pattern may be a useful guide for determining individual training programs.

## I. 緒言(問題提起と目的)

### 1. 問題提起

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. この 400mH で好記録を達成するためには, 400m を短時間で走り切るための高い疾走速度や, それを維持する持久力のみならず, 減速の小さいハードリング技術, 高い疾走速度の中で踏み切り位置に足を合わせるストライド調整技術, 疲労によるストライド減少に伴うハードル間の歩数の切り替え, 利き足ではない踏み切り足でのハードリング技術など, 多様な技術を要する. また, 400mH の運動時間は男子で 50 秒程度であり, スタートからゴールまでレース中の最高疾走速度を保つことはできない. そのため, 選手は体力, 技術レベルに応じて, 最も記録を高められる効率的なペース配分を行う必要がある(Abbiss and Laursen, 2008; Hirvonen et al., 1992; Sprague and Mann, 1983). このように, 400mH は陸上競技の短距離種目の中でも求められる体力や技術, および戦術が多岐に渡る. したがって, 400mH での好記録達成のためには, 様々な面からトレーニングを講じる必要がある.

400mH のパフォーマンスや, その選手の特徴を評価する情報の一つに, レース中の客観的な疾走速度推移であるレースパターンが挙げられる. 400mH ではレース中のハードルクリア後の着地瞬時に基にしたタッチダウンタイムを用いることで, 簡易的に選手のレースパターンを知ることができる. また, 高価な機材を用いる必要が無い場合, タッチダウンタイムを基にしたレースパターン分析はコーチング現場でも実践が容易な分析方法である. また, 400mH の記録とレースパターンの間には密接な関係があり, これまで記録レベルやジュニア期, シニア期などの発達段階によるレースパターンの相違や, 記録向上, 低下時におけるレースパターンの変化, および単一のレースにおけるレースパターン分析など, 多くのレースパターン分析による報告がなされてきた(森丘ほか, 2005; 森丘, 2015; 長澤, 1995; Otsuka and Isaka, 2019; 尾崎ほか, 2018; 渡邊, 2013; 安井ほか, 2008).

このレースパターンという情報の用い方について, 森丘ほか(2002)は, 「一つは, 事例的な現状分析により個々の選手の特徴を把握し, それをもとに短期的なトレーニング課題を明らかにすること」「もう一つは, より高いレベルの選手達のレースパターンの傾向を理解することで, 上のレベルのレースイメージをつかみ, それを中長期的な目標設定のための基礎資料として用いること」と述べている. これに関して, 世界一流選手のレースパターンの傾向から日本トップレベルの選手がレースパターンの最適化に取り組み, 実際に記録を向上させた事例が報告されている(森丘と山崎, 2008). また, 森丘(2015)は日本一流の 400mH 選手における, シニア期とジュニア期のレースパターンの比較から, 特にジュニア期のレース前半の疾走速度の低さを指摘している. このようなジュニア期の選手が, シニアのレースパターン移行に苦戦するケースは多いと考えられることから, 毎年全国高校総体後に開催される全国高校選抜陸上競技選手権では, より距離の短い 300mH が導入され, ジュニア期の選手におけるレース前半の疾走歩数の減少や疾走速度の向上につながった事例もみられている(森丘, 2015). このように, レースパターン分析から得られた知見は, 選手の短期的, 中長期的なトレーニング課題を導出する指針として, 重要な役割を担うと考えられる.

しかし, 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現象であり, 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。そのため、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り、ある選手のレースパターン改善に向けた取り組みが、他の選手に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、レースやトレーニングでの意識や、そこで得られた感覚との擦り合わせを行いながら、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(2014)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。したがって、400mHにおける記録向上という課題においても、レースパターンなどの客観情報と、選手の意図や感覚を含んだ主観情報の両面から個を明確化させた、質的アプローチによる実践知の集積が求められると言えよう。

## 2. 目的

ある大学生男子の400mH選手は、4年間に渡りレースパターン分析を基にした課題に応じて、セルフコーチングによるトレーニングを実践し、記録を向上させた経験を持つ。また、その過程には、レースパターンの変化とともに大きく記録を向上させた事例や、逆に記録の向上に至らなかった事例を含んだ。加えて、当該選手は400mHに取り組み始めたシーズンから10年間に渡るレースデータ、およびトレーニング記録を有している。

また、400mHは日本では高校期から正式種目に導入され、その要求される技術や体力、戦術の多様さから、比較的専門化の遅い種目だと考えられる。さらに、ジュニア期、シニア期といった発達段階や記録レベルによって、レースパターンに大きな相違がみられている(森丘, 2015; 安井, 2008; 渡邊, 2013)。これらのことから、400mHはその専門性が高まるとともに、レースパターンに大きな変化が生じやすい種目であると考えられる。しかし、記録とレースパターンの関係性は、記録レベルによる横断分析と、個人内の縦断分析で必ずしも一致した結果が得られていない(Otsuka and Isaka, 2019)。そのため、実際の発達段階の変化や記録向上過程における、レースパターンの変化を基にした縦断的研究は、発達段階や記録レベルの相違を踏まえたトレーニングを模索する上で、重要な意味を持つ。その一方、これまで報告されているレースパターンに関する縦断的研究は、数シーズン、特定シーズン内の分析にとどまっている(森丘と山崎, 2008; Otsuka and Isaka, 2019; 八嶋と山崎, 2009; 横川, 1996)。

以上を鑑みると、400mH初出場時から10年という長期に渡り、その記録向上に伴うレースパターンの変遷とトレーニング記録を、選手の主観的視点から記述した報告の希少性は高い。またそれは、ジュニア期からシニア期にかけて高度な専門化が求められる400mHの長期的なトレーニングに関する既存理論の修正や、より個に応じたトレーニングを考案する上で、特に有力な資料となり得るだろう。

そこで、本研究では以下の2点を目的とした。①400mH初出場から10年間の記録とレースパターンの変遷、およびトレーニング内容との関連性を考察し、発達段階や記録レベルを踏まえた、選手の中長期的なトレーニング計画に資する実践知を得ること。②レースパターンを用いたトレーニング課題の設定、およびトレーニングの実践事例を提示し、その課題解決の妥当性について考察することで、レースパターン分析を用いたトレーニングの有効性を検討するとともに、選手の短中期的なトレーニング計

画に資する実践知を得ること。

## II. 方法

### 1. 対象者について

対象者は陸上競技歴 17 年, 400mH 競技歴 10 年の大学男子選手である。対象者は 9 歳で陸上競技を始め, 長距離走, 100m 走, 走幅跳, 走高跳を経験し, 中学から 110m ハードル走を専門種目とした。その後, 高校 1 年の 9 月より 110mH と兼ねて, 400mH に取り組み始めた。尚, 対象者は小学校, 中学校, 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。

大学入学以降は 400mH に種目を絞って競技に取り組んだ。同大学には短距離走, ハードル走専門の指導者がおらず, 大学 1 年から大学 4 年の 10 月まで, トレーニング計画は同大学の陸上競技部の幹部学年が中心に作成したものを実践した。2015 年 11 月以降, 対象者自身のレース分析から, トレーニング課題を設定し, その解決に向けたトレーニング計画, 実践を始めた。特に大学院進学後に記録を大きく更新させ, 2019 年 8 月に 50.30 秒を記録した。これは, 2019 年度日本ランキング 20 位に相当する記録だった。

### 2. 対象期間

対象期間は, 400mH に初出場した 2009 年 9 月 19 日から, 50.30 秒を記録した 2019 年 8 月 24 日までとした。

### 3. 事例データの収集

#### (1) トレーニング記録の整理

本研究では対象者が記述した 2009 年 9 月から 2019 年 8 月の 10 年間のトレーニング日誌を基本に, トレーニングの取り組みを整理した。加えて, トレーニング状況や体力レベルの指標として, トレーニング時に定期的に実施したコントロールテスト(以下, CT)や, スプリント種目のタイムトライアル(以下, TT)の記録を整理した。CT, および TT 種目は以下の通りである。

- 砲丸 4 kg フロント投げ, バック投げ
- 立幅跳, 立五段跳
- 150m 走, 300m 走, 400m 走, 300mH 走

砲丸フロント投げは, 砲丸投サークルの足留材上に立ち, 両脚立ちの状態から 4 kg の砲丸を両手で保持し, 全身の反動動作を使って前方への投射を行った。砲丸バック投げは, 同じく砲丸投サークル縁石上に後ろ向きに立ち, 両脚立ちの状態から, 両手で保持した 4 kg の砲丸を, 全身の反動動作を使って後方へ投射した。いずれも足留材の内側から砲丸の落下痕までの距離を記録とした。立幅跳は直立姿勢の状態から全身の反動動作を使い両脚で水平方向へ跳躍を行い, 踏み切り位置から着地痕までの最短距離を記録とした。立五段跳は, 直立姿勢の状態から両脚で水平方向へ跳躍した後, 片脚ずつ交互に 4 歩の水平連続跳躍を行い, 踏み切り位置から着地痕までの最短距離を記録とした。これらは, 全身の爆発的な力発揮能力を評価できる CT 種目として広く用いられている(稲岡ほか, 1993; 前

田ほか, 2018;熊野と大沼, 2017). TT 種目の 150m 走, 300m 走はスタンディングスタートからの手動計測によるタイムを記録とした. 300mH 走についてはスターティングブロックを用いたクラウチングスタート, もしくはスタンディングスタートからの手動計測によるタイムを記録とした. 400m 走については, 公式レースのタイム, もしくはスターティングブロックを用いたクラウチングスタートからの手動計測によるタイムを記録とした. 手動計測の場合は, 小数点第 2 位の値を切り捨てたものを記録とした.

## (2) レースパターンデータ

レースパターンのデータは, 対象者が対象期間中に出場したレース(全 95 レース)で, ビデオ撮影された映像, またはテレビ中継, ネット上にアップロードされた映像資料を用いて取得した. そのうち, 予選で余力を残してゴールしたレース, 転倒などで著しく速度が低下したレース, またはハードルクリア後の着地瞬時が鮮明に映らなかったレースを除く, 計 72 レースを用いて分析した.

Fig. 1 に, 本研究における 400mH の区間定義を示した. 本研究では 400mH を以下の定義により区間分けした. 森丘ほか(2005)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 Section 1(以下, S1)とし, H2 から H5 までを Section 2(以下, S2), H5 から H8 までを Section 3(以下, S3), H8 からゴールまでを Section 4(以下, S4)とした. また, スタートから H5 までをレース前半, H5 からゴールまでをレース後半とした.

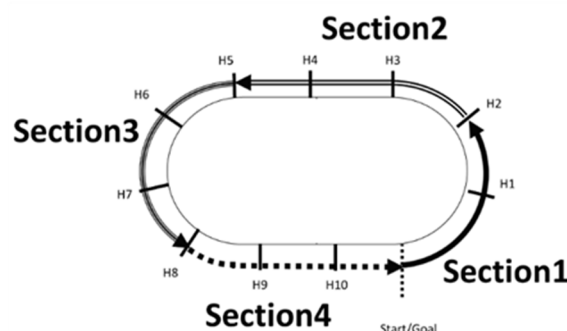


Fig. 1 本研究における 400mH の区間定義

1/100 秒ごとの時刻を付したレース映像をコマ送りし, 出発信号から各ハードルのタッチダウンタイムを計測した. 得られたタッチダウンタイムを基に, スタートから H1, 各ハードル間のタイムを算出した. H10 からゴールのタイムは公式タイムから H10 のタッチダウンタイムを減じて求めた. しかし, 本研究で用いた映像のうち 48 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)が鮮明に映らなかった. そこで, 出発信号が鮮明に映った 24 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た. その結果, 対象者の動き出しと出発信号の時間差は  $0.19 \pm 0.04$  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 0.19 秒を加えたものを使用し, 分析を実施した.

区間距離を, 要した区間タイムで除すことで, 区間速度を求めた. 各 Section における速度をそれぞれ  $V_{S1}$ ,  $V_{S2}$ ,  $V_{S3}$ ,  $V_{S4}$  とした.

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、 $D_{\min/\max}$ )として、以下の式より求めた。

- $D_{\min/\max}(\%) = [1 - (\text{最低速度} / \text{最高速度})] \times 100$

また、S1-S2, S2-S3, S3-S4 の疾走速度低下率(以下、それぞれ  $D_{S2/S1}$ ,  $D_{S3/S2}$ ,  $D_{S4/S3}$ )を以下の式により求めた。

- 区間速度低下率  $= [1 - (\text{後の区間速度} / \text{前の区間速度})] \times 100$

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(森丘ほか, 2005; 山元ほか, 2014; 尾崎ほか, 2018)に、その区間に要した時間が記録の何%を占めるかを表す、区間タイム比(以下、それぞれ  $\%_{S1}$ ,  $\%_{S2}$ ,  $\%_{S3}$ ,  $\%_{S4}$ )を用いた。区間タイム比は、以下の式により算出した。

- 区間タイム比  $= (\text{区間タイム} / \text{レース記録}) \times 100$

#### 4. 事例の提示方法

全期間を通じた記録とレースパターンとの関係性について、レース分析結果を基に提示した。対象者のCT, TTの記録は、その年の最高記録をまとめて提示した。次に、高校1年9月の400mH初レースから大学4年時までのレースパターンや記録の変遷とトレーニングでの取り組みについて、それぞれ高校期, 大学期として記述した。その後、大学4年の11月から大学院での競技活動については、対象者自身がレースパターン分析を基にしたトレーニング実践に取り組んだことから、シーズンごとのレースパターンや記録の変遷とトレーニングへの取り組みを、大学院期として記述した。

また、本研究では毎年のトレーニング期間を10-11月から始まる「準備期」と4-5月から始まる「試合期」に大別した。ここでの準備期とは、伝統的なピリオダイゼーションによるトレーニング計画(マツヴェーエフ, 2008)における一般的準備期, および専門的準備期に相当するものである。しかし、本事例記述の際、高校時から大学4年時までのトレーニング計画は他者によって作成されたものであることから、一般的, 専門的準備期, および試合期の期分けが不明瞭のままであった。そこで、本事例ではその年の重要な試合(高校期では6月の長崎県高校総体, 大学期では5月の中国四国学生対校選手権)が開催される月からを試合期, その年の重要な試合が終了した次月からを準備期として定義し、記述した。

#### 5. 統計処理

レースパターンの分析項目と記録の関係を調べるために、全レース, 高校, 大学, 大学院の各期におけるレースごとに、ピアソンの積率相関係数を用いて相関分析を行った。また、CT, TT種目の記録と400mHの記録との関係を調べるために、CT, TT種目のシーズン最高記録と400mHのシーズン最高記録についても、ピアソンの積率相関係数を用いて相関分析を行った。本分析における有意水準は5%未満とした。

### Ⅲ. 実践記録, および事例の提示

#### 1. 個人内の記録とレースパターンの関係

Fig. 2～4 に全期間および各期における記録とレースパターンの各分析項目との関係を示した.

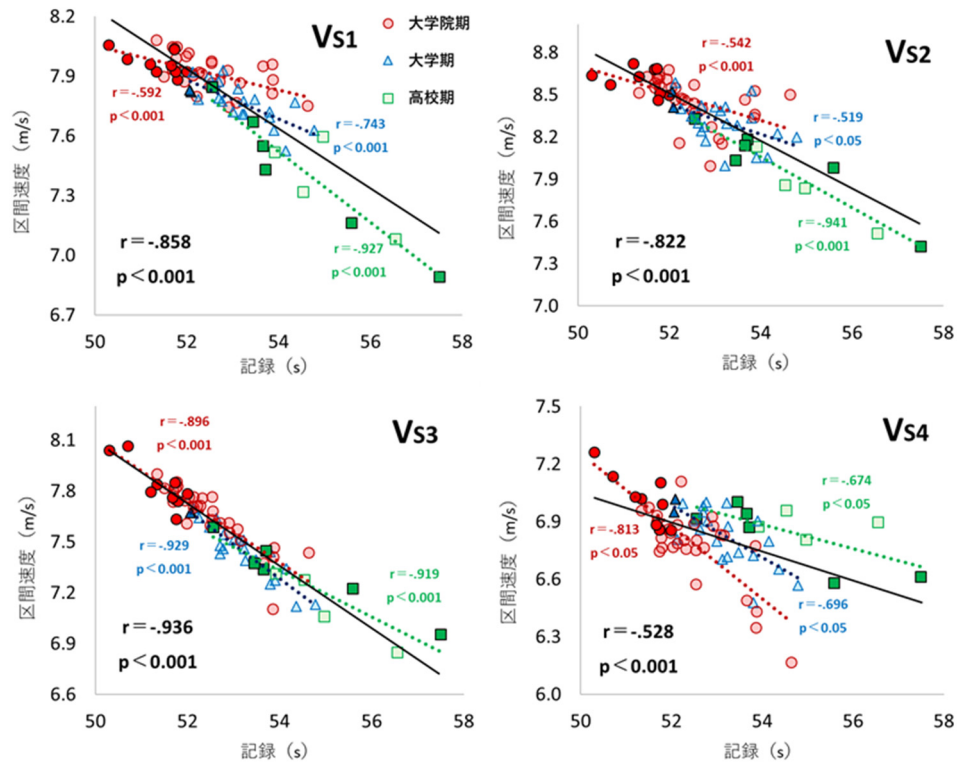


Fig. 2 全期間における各 Section の疾走速度と記録の関係

注釈:400mH 初出場年の 61 秒台のレースデータ(1 レースのみ)は, パフォーマンスレベル, およびレースパターンの傾向が大きく異なる外れ値となり, 各期の分析結果により得られる傾向を大きく左右するため, 分析から除外した. 濃く塗りつぶしたマーカーは, 自己記録更新時を表している.



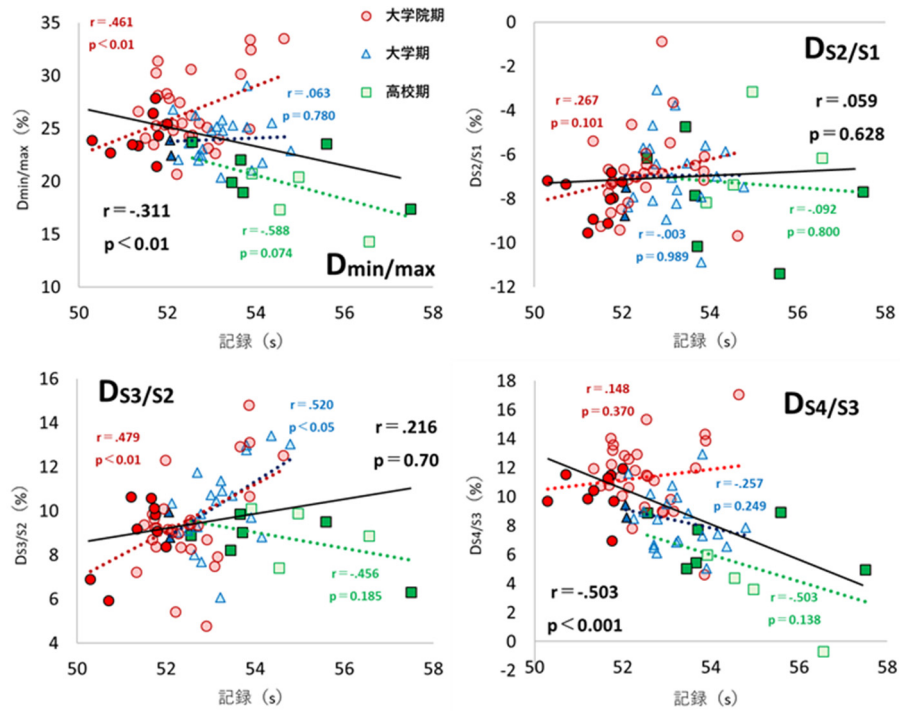


Fig. 3 全期間における, レース全体, および各 Section の疾走速度低下率と記録の関係

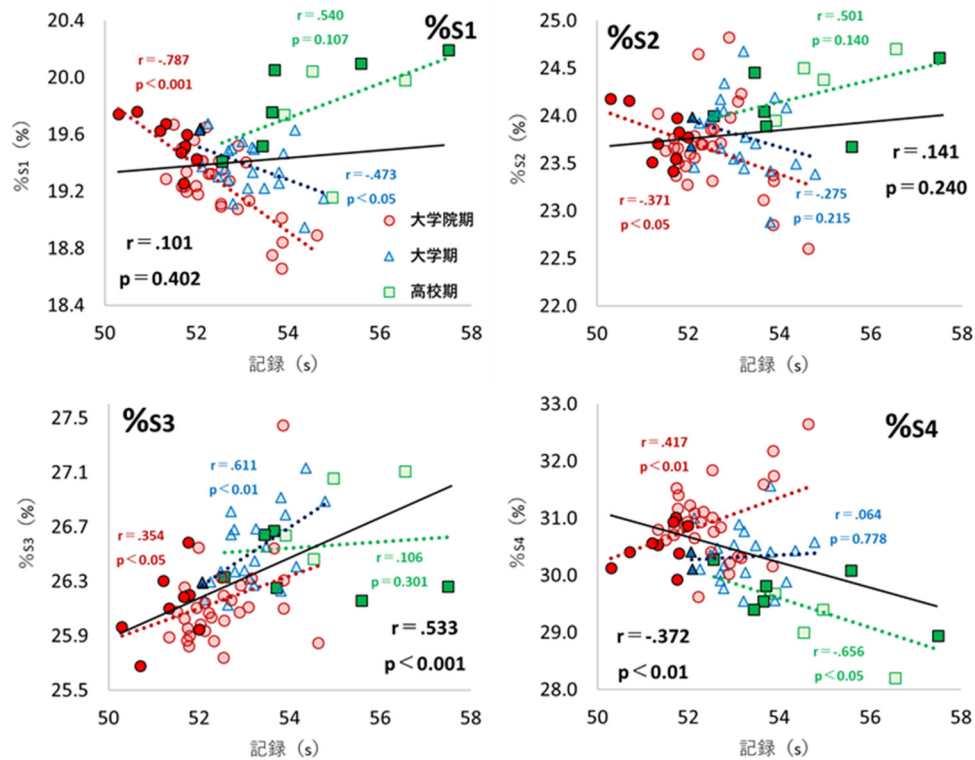


Fig. 4 全期間における各 Section の区間タイム比と記録の関係

## 2. 対象期間における CT, TT での記録

Table 1 にトレーニング時に定期的実施した CT, TT の記録と 400mH のシーズン最高記録, Fig. 5, 6 に両者の関係を示した.

Table 1 対象者における 400mH と CT, TT 記録の推移

| 年    | 400mH(s) | 砲丸4kg<br>フロント投げ<br>(m) | 砲丸4kg<br>バック投げ<br>(m) | 立幅跳(m) | 立五段跳(m) | 150m走(s) | 300m走(s) | 400m走(s)              | 300mH走(s) |
|------|----------|------------------------|-----------------------|--------|---------|----------|----------|-----------------------|-----------|
| 2009 | 59.69    |                        |                       |        |         |          |          |                       |           |
| 2010 | 53.71    |                        |                       |        |         |          | 35.9     | 52.8(公式)              | 38.6      |
| 2011 | 52.56    |                        |                       |        |         |          | 35.8     | 52.56(公式)             | 37.6      |
| 2012 | 52.70    | 12.98                  | 12.20                 | 2.66   | 13.70   | 17.1     | 35.5     | 51.38(公式)             | 37.9      |
| 2013 | 52.09    | 14.40                  | 14.50                 | 2.66   | 14.10   | 16.6     | 35.3     | 50.91(公式)<br>50.2(手動) | 38.3      |
| 2014 | 52.25    | 14.01                  | 14.16                 | 2.58   | 13.73   | 16.8     | 35.4     | 49.71(公式)             | 38.6      |
| 2015 | 52.07    | 13.48                  | 15.61                 | 2.70   | 14.82   | 16.4     | 35.4     | 50.07(公式)             | 38.8      |
| 2016 | 51.67    | 15.50                  | 15.86                 | 2.72   | 15.45   | 16.2     | 34.1     | 49.24(公式)             |           |
| 2017 | 51.68    | 16.52                  | 16.55                 |        |         | 16.0     | 34.7     |                       |           |
| 2018 | 50.71    |                        |                       |        |         | 16.5     |          | 49.97(公式)<br>48.6(手動) | 36.4      |
| 2019 | 50.30    | 16.12                  | 16.32                 | 2.80   | 15.23   | 15.9     | 34.2     | 49.5(公式)<br>48.8(手動)  | 35.9      |

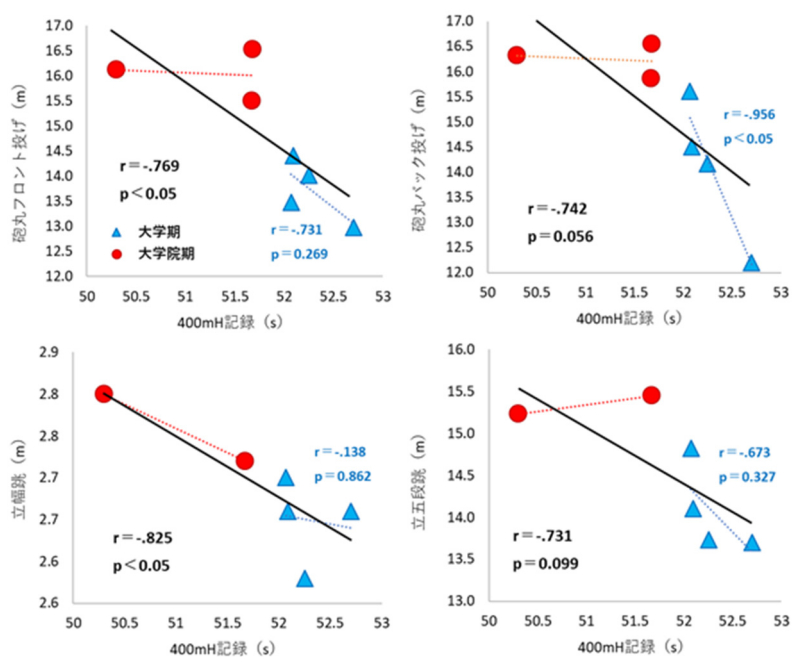


Fig. 5 各シーズンにおける CT の記録と 400mH の記録との関係

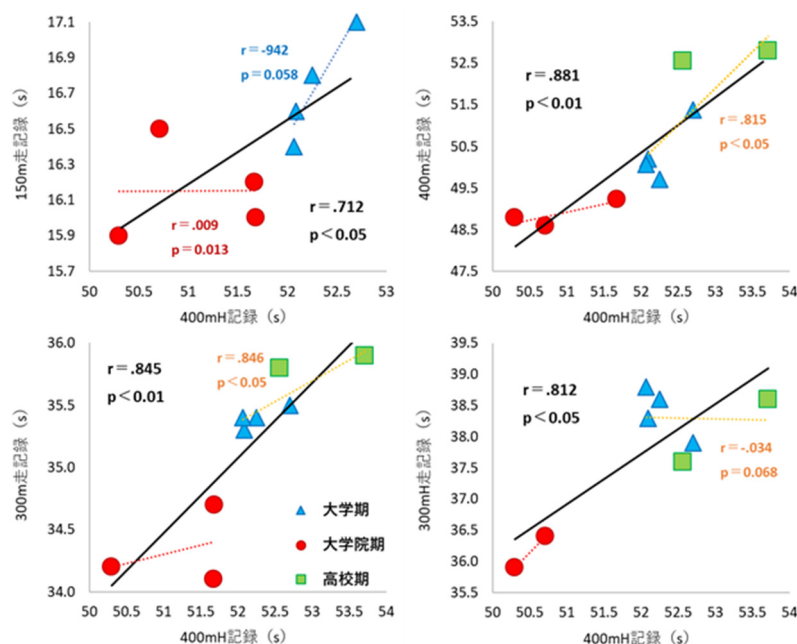


Fig. 6 各シーズンにおける TT の記録と 400mH の記録との関係

注釈: データの少なからず、各期の相関分析については高校期と大学期、大学院期で分割して実施した。データが 3 つ以下の場合の分析は実施しなかった。

### 3. 事例の提示

(1) 400mH 初出場から大学 4 年までの記録とレースパターン、レースイメージの変容、およびトレーニング

#### 1) 高校期 (2009 年 9 月—2011 年 10 月)

400mH 初レースは高校 1 年 9 月で 59.69 秒だった (当レースデータは取得できなかった)。その後、2 度目となるレース (2009 年 11 月: 61.50 秒) では、終始歩数の安定がみられず、H10 後の速度低下が著しかった (動画①: 3 レーン) (Fig. 7)。当時、対象者はハードル間の使用歩数、歩数の切り替えについての意識は無く、走っていてハードルが近づいてきたら、踏み切りやすい脚で跳ぶという感覚だった。その後の準備期を通じて、対象者はレース前半におけるハードル間の使用歩数が 15 歩であることを自覚し、それに合わせてストライドを調整しながらハードル間を走る術を学んだ。2010 年 4 月のシーズン初レースで、対象者はレース後半の疾走速度を大きく改善させることで、自己記録を 2.19 秒更新した (59.69 秒から 57.50 秒) (動画②: 7 レーン)。そのレースにおいて対象者は、H1-7 まで 15 歩で疾走し、前年と比較してレース前半の歩数を安定させていた。しかし、レース後半では不規則なストライドパターンがみられた。このレースをきっかけに、レース前半だけでなく、「レース後半も安定した歩数で走れるように心がける」ようになった。

その後対象者は、実際のレースを想定した専門的トレーニングや、出し得る最大疾走速度を高めるトレーニングを中心に実施した。その年の 10 月には、H10 以降を除いた全ての区間で大きく疾走速度を向上させ、53.71 秒を記録した (動画③: 6 レーン)。このレースにおいて対象者は、「歩数を切り替えるハードルを (あらかじめ) 決めて、自信をもって前半からいける (速度を高められる) ようになって、(レース終盤に力を余分に温存せず) 出し切れるようになった」と感じていた。また、レース終盤の歩数も 17 歩

で安定していた。

2011 年シーズン前半では、対象者は怪我に苦しみ大きく記録を更新できなかった。一方、その年の国民体育大会に向けたトレーニングは順調に進み、200mH 走や 150m 走など、最大努力でスピードを出すトレーニングに多く取り組んだ。その中で、トレーニングで実施していた 300mH 走のタイムが 38.6 秒(8 月)から 37.6 秒(10 月)へ向上するなどの変化があった。また、定期的に 500m-600m 走など、レースよりも長い距離のトレーニングを実施する中で、対象者は「もっと思い切りいっても(前半の疾走速度を高めても)、後半潰れない(大きく失速しない)自信がついた」と、さらに自信をもって、レース前半から疾走速度を上げられるようになっていた。その年 10 月の国民体育大会で、対象者は自己記録を 1 秒近く更新する 52.56 秒を記録した。当時のレースパターンは、前年と比較し、レース前半の疾走速度が大きく向上し、15 歩での疾走区間が H7 までと、1 区間増加していた(動画④:8 レーン)。

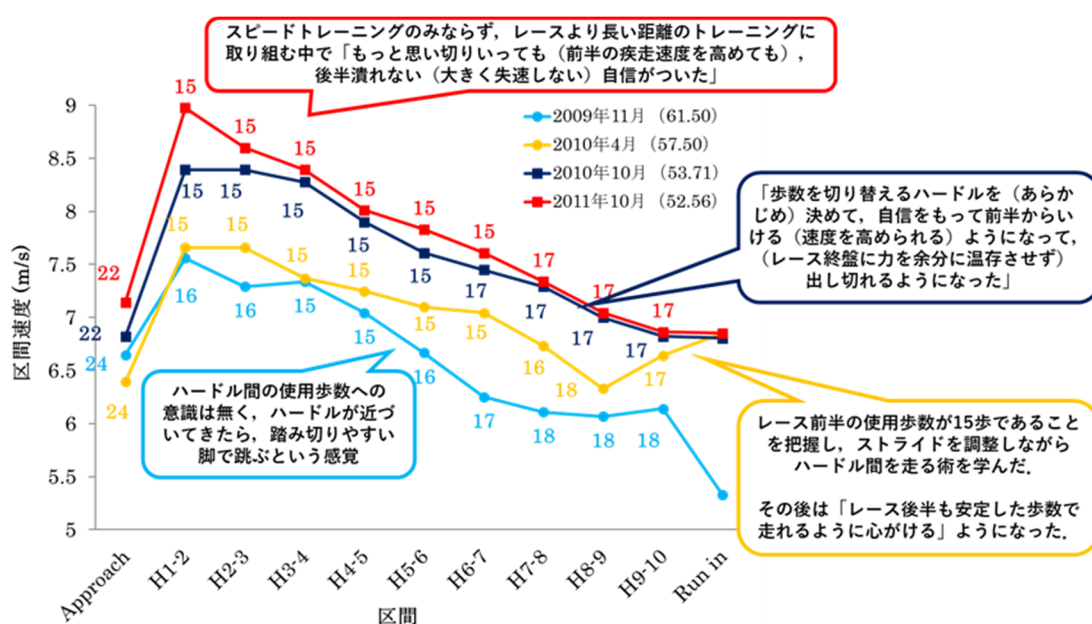


Fig. 7 高校期のレースパターンと区間歩数、および意識、感覚の変化

## 2) 大学期(2011 年 10 月—2015 年 10 月)

大学進学後は、短距離走、ハードル走専門の指導者がいなかったため、対象者はチームの幹部学年が中心に作成した計画に沿ってトレーニングに取り組んだ。大学 1 年時は生活面や競技面での環境が大きく変化し、特にシーズン前半では、トレーニングに慣れることで精一杯だった。大学 2 年シーズンへ向けた準備期は、大きな怪我もなく順調に取り組むことができ、翌年 8 月には自己記録を更新した(52.09 秒)。TT においても、400m 走では 50.2 秒 150m 走では 16.6 秒と記録が向上し、対象者は疾走能力向上を感じていた。15 歩を使用できる区間も 1 区間増え、前半から中盤にかけての速度維持が楽になった。しかし、その後の 2014 年から 2015 年シーズンでは怪我により、記録の大きな更新は無かった(2014 年, 52.25 秒; 2015 年, 52.07 秒)。2015 年に自己記録を 0.02 秒更新したが、当時のレースでは、終盤の 17 歩のピッチを維持できず、特に最終ハードル手前での減速の大きさを感じていた(Fig. 8)。

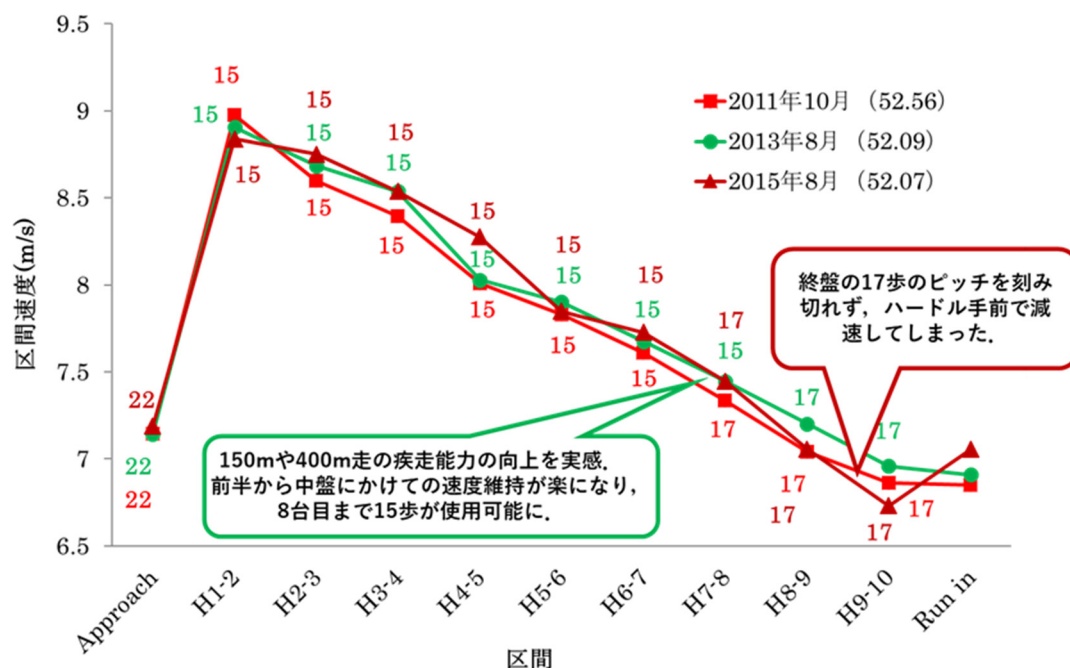


Fig. 8 大学期のレースパターンと区間歩数, および意識, 感覚の変化

## (2) レースパターン分析を基にした, トレーニング実践事例

対象者は大学 4 年時より, レース映像からタッチダウタイムを計測し, レースの各区間における疾走速度を可視化させることで, 対象者自身のレースパターンを把握し始めた. これを契機に, 大学院 1 年目のシーズンへ向けた準備期以降, 対象者はレースパターンを基にしたトレーニング課題の設定, およびトレーニング計画を実施するようになった. この時期からのトレーニングは, 対象者が計画したものを実践した.

## 1) 大学院期 I (2015 年 11 月 - 2016 年 10 月)

トレーニング課題を抽出するにあたり, 対象者の 2015 年シーズン最高記録時(52.07 秒)のレースパターンと, 1 つ上の記録レベルである 50—51 秒台の平均的なレースパターン(安井ほか, 2008)を比較した. その結果, 対象者のレースパターンは, H5 以降のレース後半において疾走速度が劣っていることが分かった(Fig. 9). このことから, レース後半における疾走速度向上をトレーニング課題として設定した.



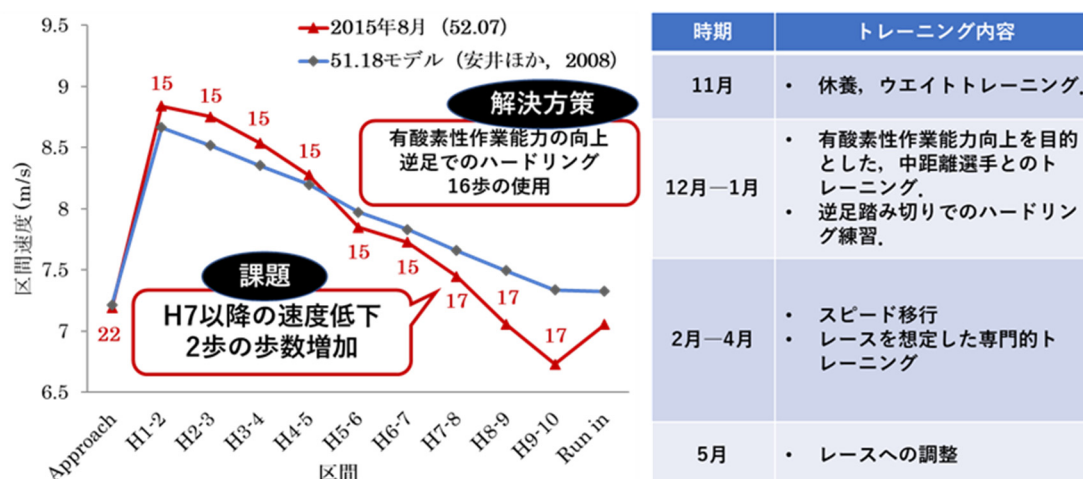


Fig. 9 2016 年シーズンに向けたトレーニング計画

400m 走における筋疲労時の疾走速度は, 有酸素性作業能力の指標である最大酸素摂取量と有意な相関関係がみられている(尾縣ほか, 1998). また, 有酸素性作業能力に優れた選手ほど, 400m 走や 400mH におけるレース後半の疾走速度が相対的に高いことが報告されている(荻部ほか, 1999; 尾縣ほか, 2000). これらのことから, 準備期において, レース後半の疾走速度改善のために, 有酸素性作業能力を向上させるトレーニングを多く取り入れることとした. また, これまで対象者は, H7 以降の歩数切り替えの際, 一度に歩数を 2 歩増やしていたが, 増加歩数が 1 歩となる 16 歩での疾走を目指し, 利き足でない踏み切り脚でのハードリングの技術トレーニングを計画した.

大きな怪我なくトレーニングを継続でき, 対象者は 3 月時点における 400m 走トライアルで, 自己記録に近い 50.2 秒をマークするなど, トレーニングの手ごたえを感じていた. しかし, 対象者は「400mH でのハードリングやインターバルランニングと, 走りがかみ合わない」「上手くスピードに乗ることができない」「持久力は向上したような気はするけど, 以前と同じようなペースで前半を走ろうとすると, 力を使ってしまう」ことを感じ, 5 月時点での記録更新は無かった. 目標としていた歩数の減少も達成できず, 「トレーニング時では 16 歩を使えるけど, レースになると自然と無意識のうちに 17 歩に戻ってしまう」状態だった(Fig. 10).

そこで, トレーニング計画を変更し, 前半の努力感を抑えながらも高い疾走速度を保つことができるよう, 6 月以降は最大疾走速度を出すスピードトレーニングを重視した. また, 以前までは H5 以降のインターバルで使用する 15 歩のストライドが維持しづらくなるため, 走りに上下動を付け, 弾むようにストライドを維持していた. しかし対象者は, このイメージでは歩数は維持できるものの, 疾走速度の大きな低下を感じていた. そのことから, H5 の手前から努力感を上げて, 疾走速度をより維持した状態で「駆け上がるように H5 にアタック」することで, 歩数と疾走速度を維持できるよう試みた(Fig. 10). 実際にこのイメージに転換した 7 月のレースから 52.00 秒の自己記録をマークし, 8 月下旬に 51.76 秒, 10 月初旬に 51.73 秒, 10 月下旬に 51.67 秒(動画⑤:5 レーン)と, 自己記録を更新した. 当時のレースパターンは, イメージ通りに H5 付近の疾走速度が改善されており, レース前半においても大きな疾走速度の向上がみられた.

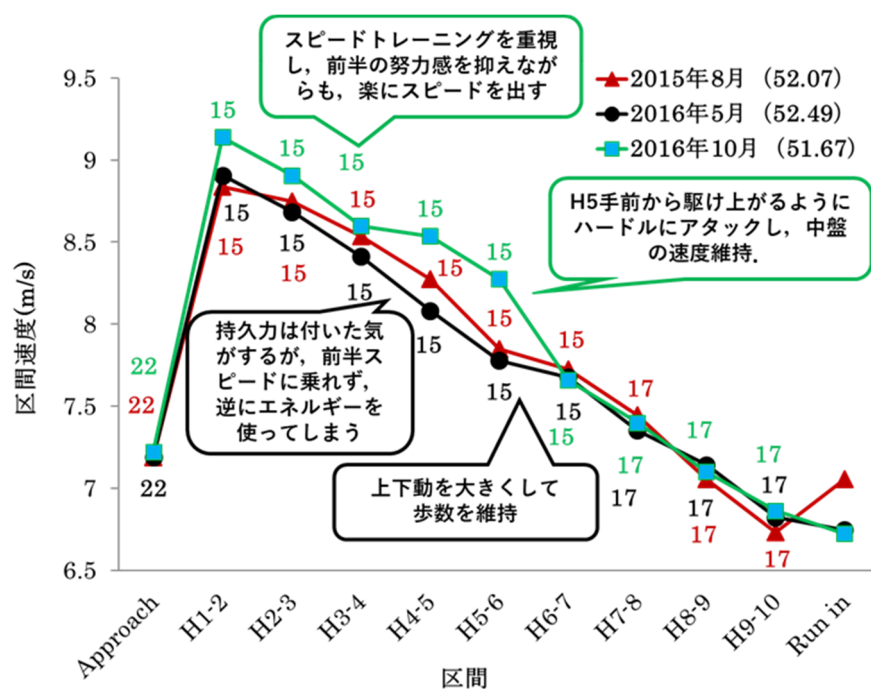


Fig. 10 2016 年シーズンのレースパターンと区間歩数, および意識, 感覚の変化

## 2) 大学院期Ⅱ (2016 年 11 月 - 2017 年 10 月)

2016 年シーズン最高記録時のレース(51.67 秒)では, レース前半の区間歩数である 15 歩のストライドが対象者固有のストライドより狭く, 疾走速度に制限がかかっているように感じられた. 加えて, H6-7 以降の速度低下が著しいレースパターンをしていた. このことから, レース前半の疾走歩数の減少と, レース中盤から後半にかけての速度の向上を翌シーズンへ向けた課題に設定した. また, 2016 年の試合期にかけて有酸素性作業能力の向上に取り組んだものの, レース後半の速度改善につなげられなかった. そのため, この年は「レース前半を 14 歩で楽に疾走できるようになることで, レース前半の努力感を落としつつも高い疾走速度を保ち, 中盤以降の疾走速度維持につなげる」イメージを基にトレーニングを計画した(Fig. 11).

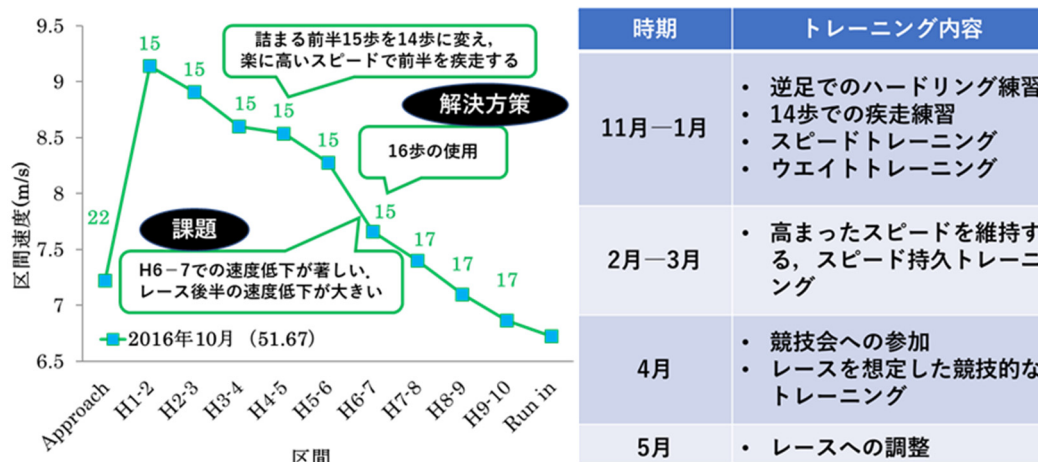


Fig. 11 2017 年シーズンに向けたトレーニング計画

しかし、トレーニングを進める中、12 月頃から右のハムストリングに痛みが出るのが続き、特に高い疾走速度でのトレーニングや、インターバルを 14 歩で疾走するトレーニングを継続できなかった。また、生活費の工面のためのアルバイトによる不規則な生活がストレスとなり、睡眠時間も大きく減っていた。ウエイトトレーニングにも取り組んでいたものの、筋力の向上を感じられず、体脂肪の増加も感じていた。

2017 年シーズン前半では、対象者はレース前半を 14 歩で走ることはおろか、2016 年シーズンの最高記録より記録が 1 秒ほど低迷した。特にレース前半の疾走速度が低下し、H5 以降の速度低下が著しかった (Fig. 12)。当時、対象者は「スピードを重視したトレーニングをしてきたのに、前半からスピードに乗ることができない」ことに、憤りを感じていた。その後は再度、最大疾走速度の向上を重視するトレーニングを多く積み、8 月に 150m 走のトライアルで自己記録 (16.0 秒) を更新するなど、トレーニングの手ごたえを感じていた。その 8 月に当時の自己記録に 0.01 秒と迫る 51.68 秒を記録したが、結局シーズン終了まで自己記録更新には至らなかった。また「後半の失速への恐れから、前半から飛ばしていくことができなかった」ことから、このレースにおいてもレース前半の速度が以前よりやや劣っていた (Fig. 12)。

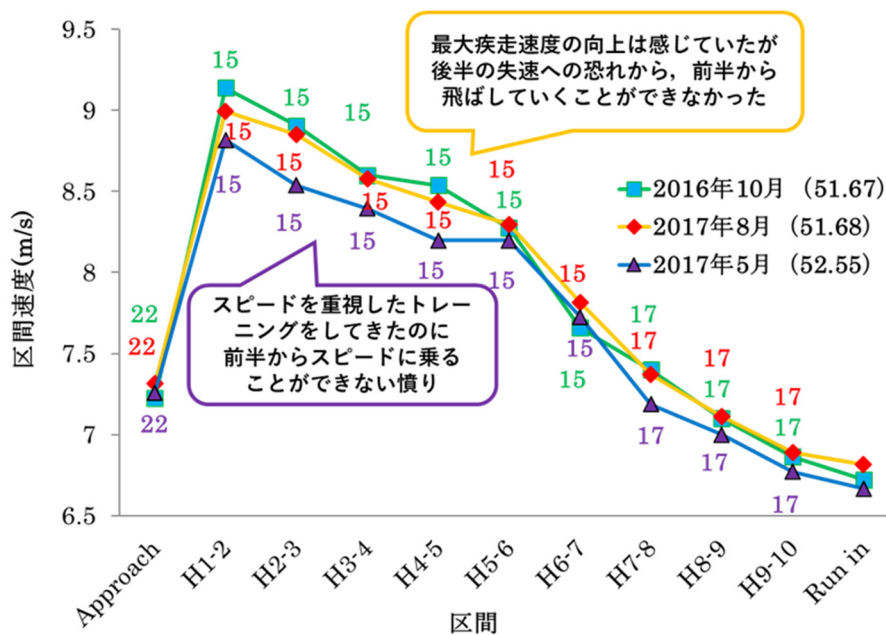


Fig. 12 2017 年シーズンのレースパターンと区間歩数、および意識、感覚の変化

### 3) 大学院期Ⅲ (2017 年 11 月 - 2018 年 9 月)

2018 年シーズンへ向けては前年時と同様に、H7 以降の速度改善をトレーニング課題とした。この課題解決のために、対象者はバックストレートではできる限りエネルギーを温存し、H5 手前から H8 まで駆け上がっていくイメージを体現できれば、H6-7 での急激な速度低下を防ぐことができると考えた (Fig. 13)。そこで対象者は、バックストレートを低い努力感でも以前と同様の疾走速度で走ることができるよう、出し得る最大疾走速度を高めることを目標に定めた。また、大学院期Ⅱにインターバルを 14 歩で走ろうと高い疾走速度でのトレーニングを多く実施する中でハムストリングを痛めた経験や、「自分の身長 (170cm) で、ストライドを無理に広げて走る方が非効率」と感じていたことから、15 歩でピッチを高めるこ



とを主軸にトレーニングを計画した。その際に主に実施を計画したことは、ウエイトトレーニングとストライドを制限したフレキハードル走であった。これらはいずれも、股関節の伸展、屈曲に関わる腸腰筋や内転筋、臀部、ハムストリングなどの筋力を改善し、股関節が伸展動作から屈曲動作に切り替わるタイミングを早め、ピッチを高めることを意図したものだった。

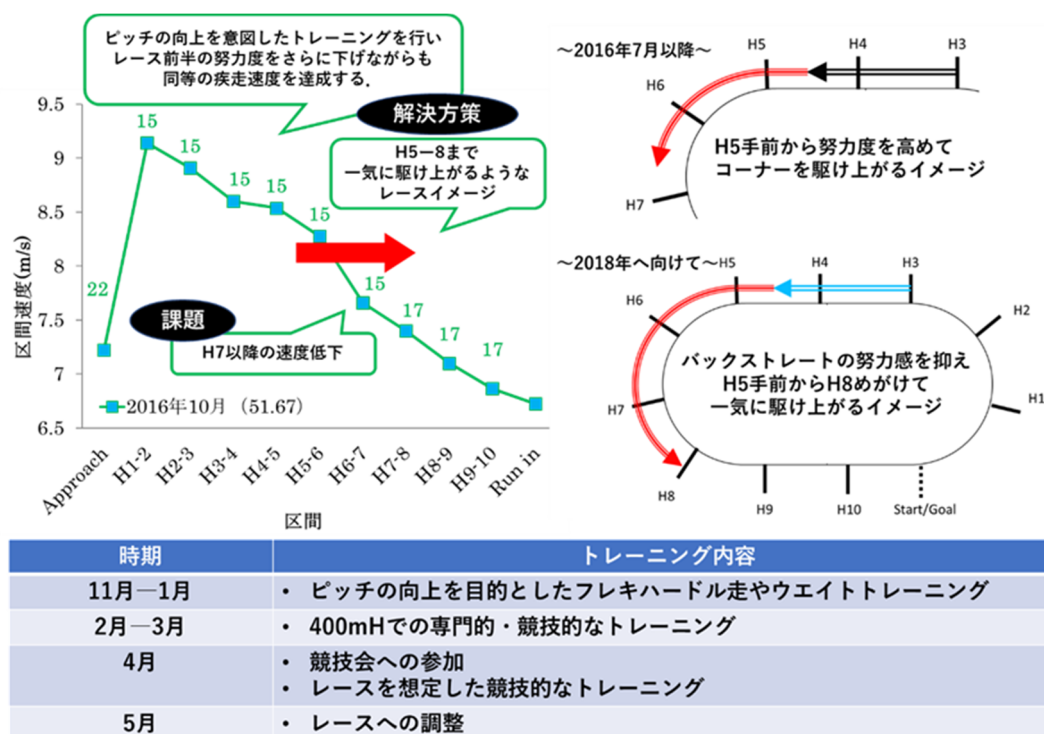


Fig. 13 2018 年シーズンへ向けたトレーニング計画

トレーニングを積んだ翌年 5 月初旬のレースで 51.34 秒と自己記録を更新した。「前半楽にいった割にはスピードに乗れた」感覚があり、レース後半の疾走速度が改善していた (Fig. 14)。しかし、当初の課題であった H6 以降の速度低下は未だ大きかったため、その後のレースへ向けては、培ったスピードレベルを維持しつつ、H5-8 のさらなる速度維持につなげることを主な課題とした。しかし、5 月中旬のレース中に、ハムストリングと腓腹筋の肉離れを起こし、7 月半ばまで予定していたトレーニングを継続できなかった。その間、痛みが生じない程度にウエイトトレーニングを実施するとともに、自転車ペダリングによる高強度インターバルトレーニングに取り組んだ。これは、自転車ペダリングの運動様式におけるハムストリングの伸張性筋活動が少ないと考えられることや、ハムストリングの肉離れを発症した短距離選手が早期復帰に至った事例 (奈良ほか, 2014) を基にその実施を考えた。トレーニングプロトコルは無酸素性作業能力、および有酸素性作業能力の双方の能力向上が期待できるとされる高強度間欠的トレーニング (Tabata et al., 1996) を参考に、1.5kp の負荷で 20 秒間の全力ペダリングを 10 秒間の休息を挟んで 6 から 8 セット、週 2-3 回実施した。その後の 7 月下旬の復帰レースでは、余力を残したままのゴールでありながら、51.76 秒の自己記録に迫るタイムをマークした。また、対象者はレースへの調整として行った 400m 走の TT で 48.6 秒を記録し、400m 走における疾走能力の明らかな向上を感じていた。続く 400mH のレースに向けたトレーニングでは、主に 300mH でバックストレートの主観的な努

力感を低く保ちながらも高い疾走速度を維持し, H5 手前から H8 にかけて一気に駆け上がっていくイメージを繰り返し擦り込ませた. その後, 8 月半ばのレースで 51.21 秒, 9 月に 50.71 秒(動画⑥:7 レーン)と自己記録を大きく更新した. このレースでは, 「明らかに H5-8 でのピッチが上がった」感覚があり, H6-7 以降の速度が大きく改善され, その速度がレース終盤までの速度改善につながっているようだった. これは, 当初目標としていた「レース前半の努力感を低めながらも疾走速度を維持し, 中盤から後半での速度改善につなげる」に近いものだった (Fig. 14).

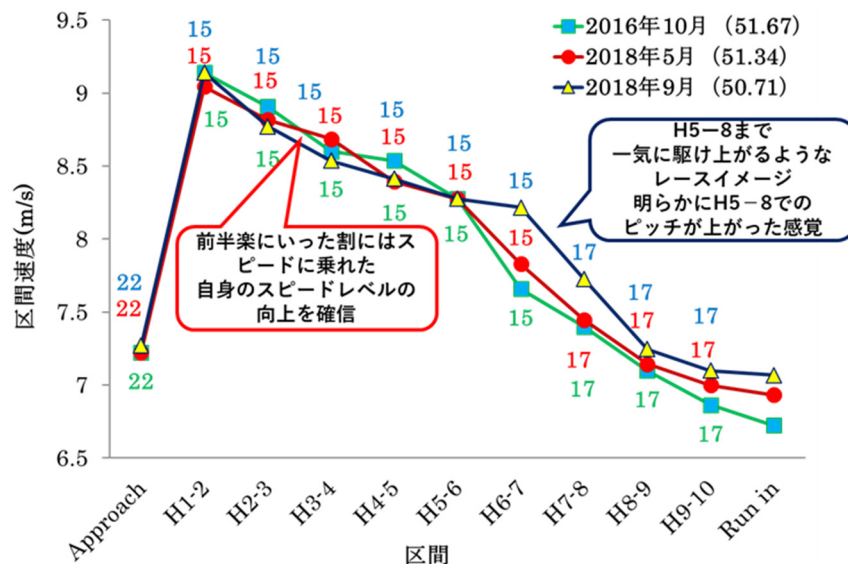


Fig. 14 2018 年シーズンのレースパターンと区間歩数, および意識, 感覚の変化

#### 4) 大学院期Ⅳ (2018 年 10 月 - 2019 年 9 月)

2018 年シーズン最高記録の 50.71 秒を記録したレースでは, 最高区間速度に達した後, H2 以降のバックストレートに当たる区間での疾走速度低下や, H7 以降のホームストレートに当たる区間での速度低下が目立った. このことから, その区間に対応するホームストレートやバックストレートでの疾走速度を改善させ, レース中の疾走速度が, よりなだらかに漸減していくようなレースパターンを目指すこととした.

そのために, レース序盤の努力感をやや低く保ちながらも以前と同様のレベルまで疾走速度を高め, 以前までバックストレートで緩めていた努力感をやや高めることを前提に, トレーニングを計画することとした. また, H5 手前から一気に駆け上がっていくように努力感を高めるのではなく, H5-8 にかけて徐々に努力感を高めていく展開をイメージした. このイメージを体現するため, 前年と同様に, ピッチの向上により最大疾走速度を高めるトレーニングやウエイトトレーニングを重点的に実施することとした. 加えて, 17 歩に歩数を切り替える区間で速度が大きく低下していることから, 16 歩での疾走区間を取り入れることで速度低下を抑えることも目標とした. そのため, 利き足ではない踏み切りでのハードリングの技術トレーニングも多く実施を予定した. その年の日本選手権へ出場するため, シーズン序盤の 5 月に 50.50 の日本選手権参加標準記録 B を突破することを目標にした (Fig. 15). シーズンの早い段階で好記録を狙うため, 1 月下旬から専門的なトレーニングに移行できるよう計画した.

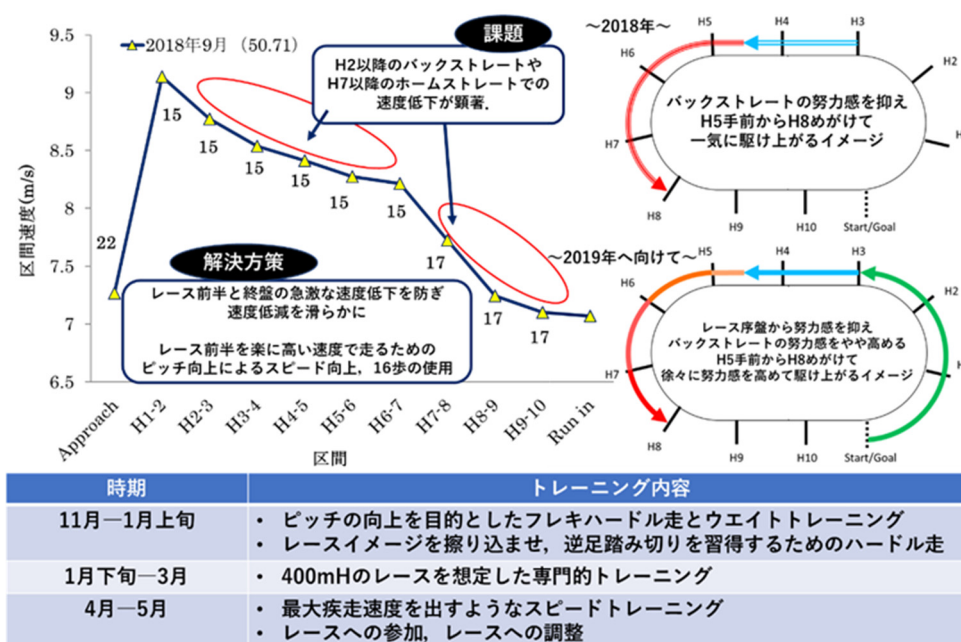


Fig. 15 2019 年シーズンへ向けたトレーニング計画

トレーニングは計画通り進み、トレーニングの一環として実施していた 150m 走の TT でも 1, 2 月の段階から自己記録に迫るタイムが出ており、スピードレベル向上を感じていた。また 300mH では、2 月初旬の段階で前年度の最高記録に迫る記録を出せていたことから、今シーズンの順調な滑り出しを期待した。しかし、その後 3 月—4 月ではトレーニング時のスプリントタイムの向上が頭打ちし、実際のレースでは 5 月まで 51 秒台後半から抜け出せなくなった。特に中盤から後半にかけての速度低下は顕著で「7 台目まで 15 歩を維持するのが精一杯」だったことから、予定していたレースイメージを実現できる状態ではなくなっていた。

このシーズン前半の成績不振の問題点として、「シーズン序盤に記録を出そうと焦り、早期に専門的なトレーニング期間に移行してしまったことによる、基礎的な筋力や持久力のトレーニング不足」が考えられた。そのことから、6—7 月にかけて、レースペースで力を出し切るようなトライアル形式のトレーニングは控え、ウエイトトレーニングや坂道走、レースよりやや遅い疾走速度で長い距離を走るトレーニング量を確保する期間を設けた。

そのようなトレーニングを実践する中で、300mH のトレーニングで「8 台目まで 15 歩で押せるようになった(H8 まで 15 歩での疾走が可能になった)」など、対象者は 7 月下旬から 8 月上旬にかけて調子の好転を感じていた。そして、8 月 24 日のレースに向けて、スピードレベルをより引き上げたトレーニングや、当初計画していたレースイメージを擦り込ませる 300mH のトレーニングを実施しながらコンディションを整えた。結果、このレースで 50.30 秒の自己記録を更新した(動画⑦:5 レーン)。実際のレースパターンでは、レース序盤の努力感を抑えたつもりが、以前よりも高い疾走速度を獲得していた。また、中盤の疾走速度がより滑らか漸減しており、その後の H8—9 で疾走速度の改善がみられた。当初の計画通り、レース全体に渡って上手く速度が漸減していくようなレースを達成できていた(Fig. 16)。

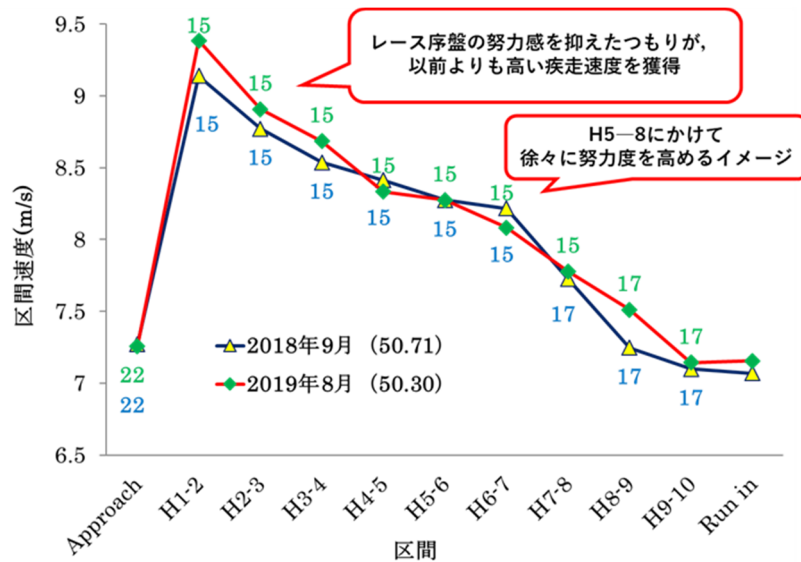


Fig. 16 2018 年シーズンのレースパターンと区間歩数, および意識, 感覚の変化

#### IV. 結果の考察および事例展開

本研究の目的は、一人の選手が 400mH に取り組み始めてから 50.30 秒を記録するまでの、10 年間に渡るレースパターンとトレーニング記録の事例から、コーチング現場での短期的、中長期的なトレーニング課題設定時における有益な実践知を提供することだった。Fig. 17 は対象者の 10 年間に渡る記録とレースパターン、レースイメージの変化、および記録とレースパターンの関係性の概略である。対象者の記録は 59 秒台から 50 秒台へと大幅な向上を見せ、そこには著しいレースパターンの変化や体力的、技術的要因、および戦術的要因の変化が伴った。また大学院期以降、対象者はレースパターン分析から導出したトレーニング課題に応じてトレーニングを計画し、実践と反省を繰り返した。その過程においてもレースパターンの改善とともに、記録向上がみられた。このような長期の記録向上過程におけるレースパターンの変遷や、トレーニングの過程を記述した事例の希少性は高い。したがって、この過程における記録向上要因を明らかにすることは、トレーニング現場でのコーチングに資する実践知を得るために重要と考えられる。そこでここからは、スポーツのパフォーマンスには、体力的、技術的、戦術的、心的要因が相互に関連する(グロッサー・ノイマイヤー, 1995)ことから、対象者の記録向上に影響した要因を、レースパターンの変化やトレーニング内容、および体力的、技術的、および戦術的要因との関わりから考察していく。



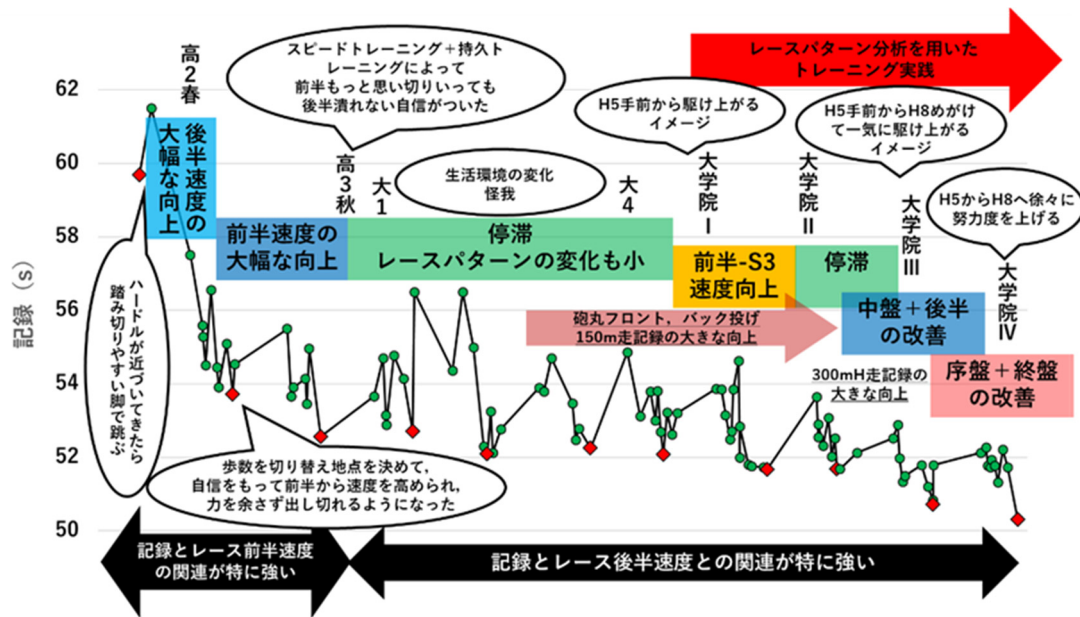


Fig. 17 対象者の10年間に渡る記録とレースパターン、レースイメージの変化

注: 赤印はその年のシーズン最高記録を表している。

# 1. 個人内の中長期的な記録とレースパターンの関係

全期間を通したレースパターンと記録の関係をみると、全ての区間疾走速度と記録が強く関連していた。その中でも特に S3 の疾走速度と記録との間に強い関連がみられ、S3 では区間タイム比とも有意な相関関係が認められた。この S3 の絶対的、相対的な疾走速度の高さは、世界トップ、高校生のトップ選手を対象にした横断分析においても、その重要性が指摘されている(森丘ほか, 2005; Ozaki et al., 2018)。また、広範な記録レベルの 400m 選手を対象にした研究でも、本研究の S3 付近に相当する 200m から 300m 区間の絶対的、相対的な疾走速度の高さと記録に関連がみられている(山元ほか, 2014)。したがって本研究は、S3 の絶対的、相対的な疾走速度の高さは、異なる記録レベルの選手横断的な傾向のみに留まらず、個人内の長期に渡る記録向上過程においても、その重要性を示唆するものと言える。

また高校期のみに着目すると、S4 の相対的な疾走速度の低さが有意に記録と関連し、有意ではなかったがレース全体の速度低下が大きいほど、記録が良い傾向があった。この理由の一つに、本研究の対象者が記録向上過程において、ジュニア期に多いレース前半の絶対的な疾走速度、およびレース全体の速度低下率が小さいレースパターンから、レース前半の疾走速度の高いレースパターンに移行したことが挙げられる。森丘(2015)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、特にジュニア期におけるレース前半の疾走速度の低さを指摘しており、シニア期に向けてレース前半の疾走速度の高いレースパターンへ移行する重要性を説いている。また、尾崎ほか(2018)は、高校生の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たことを報告している。高校生の段階で、このようなレース全体の速度低下率が低いレースパターンが多い理由には、インターハイ予選の順位による勝ち上がり選抜や 400m という距離設定によるペース配分(森丘, 2019)、400m 走の疾走能

力の高い選手が、疾走能力に劣る選手とレース前半を同一歩数で疾走する際に生じる、選手の固有のストライドに対する相対的なストライド制限、およびレース後半の歩数増加を招かないためのペース配分(尾崎ほか, 2018)が挙げられている。対象者は、2010 年 4 月段階でレース前半の疾走速度が絶対的にも相対的にも低いレースパターンであった。それとともに、レース前半の疾走速度向上の余地も大きかったと考えられた。その後の 2016 年までの記録向上過程では、特にレース前半から S3 にかけての大幅な疾走速度向上が生じており、森丘(2015)が指摘するような、シニア型のレースパターンへ移行したことが伺える。特に高校期のレース前半疾走速度の向上度合いは大きく、記録の更新頻度も高かった(2009-2011 年では、映像データのある 11 レース中 6 レースにおいて自己記録を更新し、うち 5 レースでレース前半の疾走速度を改善)ことから、記録とレース前半の疾走速度の関係性が強くなったと考えられた。しかし、対象者は 400mH 初出場時から 2010 年 4 月のレースにかけて、レース後半の疾走速度を大きく改善している。これは、記録レベルの低い初心者ではレース後半の疾走速度の高さと記録の関連が強く、このレベルではレース後半の速度改善が重要であるという報告(長澤, 1995)と一致する変化だった。また、記録レベルの高い高校生ではレース後半の疾走速度が高い(尾崎ほか, 2018)ことから、初心者の段階ではレース後半の疾走速度向上が先決だったと考えられた。

一方で大学期では、S2 から S3 での疾走速度の低下が小さく、S3 の相対的な疾走速度が高いほど記録が良かった。後の大学院期では、相対的な疾走速度が S1 で低く、S3 で高く、レース全体の疾走速度の低下が小さいほど記録が良かった。このように、個人内の記録とレースパターンの傾向は、記録レベルや発達段階が上がるにつれて、レース後半の相対的な疾走速度の寄与の高さへとシフトしているようだった。これに関して、世界一流選手では、たとえ異なる記録レベルの選手間においてレース前半の疾走速度に大きな差がみられても、個人内の記録との関係においては、レース後半の疾走速度の影響を強く受けると報告されている(Otsuka and Isaka, 2019)。また、尾崎ほか(2019)は高校生の 400mH において、記録低下に伴い S2 以外の区間で疾走速度が低下したことを報告し、この理由に好調時とのインターバルでの疾走リズム(ピッチ)との差や、視界に入る他選手とのハードリングのタイミングとの差から、特にバックストレートにおいてペースの遅れを認識しやすい 400mH の競技特性を挙げている。また、400mH では調子の善し悪しに関わらず、多くの場合レース前半を一定の歩数で疾走する必要がある。つまり、400mH 選手はレース中に自身のペースの遅れを察知しやすく、かつ一定の歩数を維持する必要があることから、レース前半でペースが低下しないよう、主観的努力度のコントロールが行われる場合が多いと推察できる。したがって、特に技術レベルが安定し、自己記録の更新頻度が低くなった(2012 年以降の 61 レース中、自己記録更新は 11 レース)ジュニア期以降では、短中期的な個人内の異なる記録のレースにおいて、レース前半の疾走速度が記録に与える影響は比較的小さくなりやすく、選手の調子の善し悪しがレース後半の疾走速度の差として現れやすくなったと考えられた。

しかし、実際の記録更新時の変化に着目すると、2016 年(51.67 秒)や 2019 年(50.30 秒)の記録更新時には、レース前半の疾走速度の向上を伴っており、大学院期を通してみられた記録とレースパターンの関係性と一致した変化がみられない場合もあった。加えて、全期間、大学期、および大学院期において記録と有意な関係性がみられた S3 での相対的な疾走速度の高さは、記録更新に伴い常に高まっていない(Fig. 18)。これに関して、尾崎ほか(2018)は、たとえ同じ記録レベルであっても、レースパターンのタイプによって記録向上の際に速度改善がみられた区間が異なるケースは多く、著しい速

度低下がみられる区間や、他の選手と比較して相対的に劣る区間など、個に応じた区間の疾走速度改善の重要性を指摘している。したがって、長期的な記録向上の過程で、S3 の相対的な疾走速度の向上は重要であるものの、短中期的な記録の向上過程においては、必ずしもそれが必要であるわけではないと考えられた。

このように、対象者の記録レベルに関連するレースパターンの傾向は、10 年間という長期に渡る傾向と、高校期、大学期、大学院期という中期的な傾向とで異なった。また、実際の記録更新時におけるレースパターンは、中長期的な記録とレースパターンの傾向と必ずしも一致した変化をみせず、相対的に疾走速度が劣る局面など、各時期の課題に応じた区間の速度改善が重要と考えられた。これらの結果は、選手の長期的な記録向上に寄与するレースパターンの変化と、記録レベルや発達段階を踏まえた、短中期的な記録の善し悪しに関連するレースパターンの特徴、さらには実際の記録更新時に目指すべきレースパターンの変化の特徴は必ずしも一貫しない可能性を示すものでもある。しかし、本研究はあくまで個別の事例に過ぎず、対象者の傾向の普遍性について言及するには限界がある。したがってこれらの傾向は、さらに多くの縦断研究の集積や、一般性の高い知見を得るための科学的手法を用いた研究によって明らかにされる必要がある。

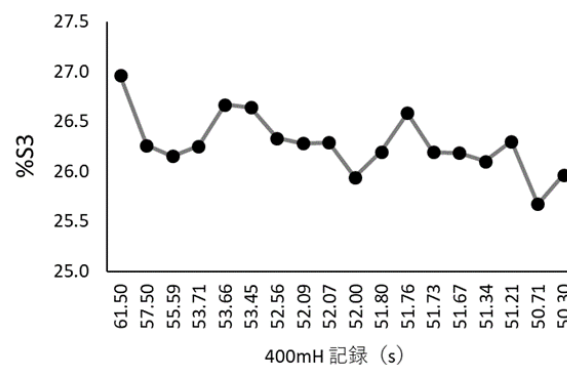


Fig. 18 対象者の自己記録の変遷に伴う S3 における区間タイム比の変遷

## 2. 記録の向上、およびレースパターンの変化に影響した要因と、レースパターン分析を基にしたトレーニングの有効性

対象者は記録の大幅な向上過程で、各種 CT や TT での記録を大きく向上させた。400mH の記録は 400m 走の記録との関連が強く (Caha and Moravec, 1984), 300m 走、および 500m 走の記録とも有意な相関関係が認められている (Iskra, 2001)。したがって、ハードルの無いスプリント種目での疾走能力向上は、400mH の記録向上における基盤的能力とみなすことができる。また、400mH に必要な疾走能力として、高い疾走速度を保つための持久力はもちろんのこと、選手が出し得る最大疾走速度を高めることも重要な課題と言える。最大疾走速度は 100m 走や 200m 走の記録との関係が強く (松尾ほか, 2008; 土江ほか, 2010), 同じく最大疾走速度との関連が強いことが推察される 150m 走において、対象者の記録は 1 秒以上向上している。また、この最大疾走速度は、本事例における CT で用いられた立幅跳や立五段跳の記録とも関連がみられる (宮代, 2012)。加えて対象者は、51 秒台までの記録向上において、全身の筋力やパワーが関わる砲丸フロント、バック投げとともに、立幅跳、立五段跳、150m



走の記録も大きく向上させた。したがって対象者は、種目のパフォーマンスの基礎を成す一般的体力(尾縣, 2017)として、筋力やパワーを養い、最大疾走速度を向上させることで、400mH の記録を向上させたと考えられた。

一方で、51 秒台から 50 秒台にかけては、400mH での記録向上があるにも関わらず、各種 CT, TT の記録の向上度合いは比較的小さくなる傾向があった。したがって、その他の体力、技術、戦術的要因が 400mH の記録向上に寄与した可能性がある。特に 2018 年や 2019 年の記録更新の前には、対象者は高強度間欠的ペダリングトレーニングや比較的長い距離のスプリントトレーニングを多くこなしていた。そのシーズンでは、レース後半の疾走速度改善がみられた。また、これらのトレーニングに強く関わると考えられる有酸素性作業能力はレース全体の速度低下率と関連する(荻部ほか, 1999)。したがって、これらのトレーニングによる持続的な体力的要因の向上が 400mH の記録向上に寄与した可能性がある。また、TT において 300mH 走では大きな記録の向上がみられたことから、種目のパフォーマンスに直接的に高いレベルで要求される専門的体力(尾縣, 2017)の向上が、400mH での記録向上に寄与したと考えられる。CT, TT の実施が無いシーズンもあり、これらの結果のみで明確な原因に言及することは困難であるが、選手のトレーニングによる能力向上の可能性を見極めたトレーニングが必要と言える。

また対象者は、400mH に取り組み始めて間もない段階(2010-2011 年)で、疾走能力向上に伴いレース全体に渡って安定した歩数での疾走技術を身に付けてた。また、レースでは「歩数を切り替えるハードルを(あらかじめ)決めて、自信をもって前半からいける(速度を高められる)ようになって、(レース終盤に力を余分に温存させず)出し切れるようになった」「もっと思い切りいっても(レース前半の疾走速度を高めても)、後半潰れない(大きく失速しない)自信がついた」などの、心理的、戦術的变化を伴う中で、記録を大幅に向上させた。ジュニア期の選手におけるレース前半の疾走速度の低さは従来から指摘されており(森丘, 2015)、さらには相対的にレース前半の疾走速度が低い高校生は、S1 の主観的な努力度が低いことが報告されている(Ozaki et al., 2018)。したがって、対象者のような体力、技術、心理的变化が、意識的にレース前半のペースを高めるという戦術変化を可能とし、シニア型のレースパターン移行に向けて、大きな効果をもたらしたと考えられる。

それ以降、対象者は「駆け上がるように H5 にアタックすることで、歩数を維持しながらも、疾走速度を維持(2016 年)」「バックストレートではできる限りエネルギーを温存し、H5 手前から H8 まで駆け上がっていく(2018 年)」「レース序盤の努力感をやや低く保ち、バックストレートでの努力感を低下させ過ぎず、H5-8 にかけて徐々に努力感を高めていく(2019 年)」と、レースイメージの転換を伴う中で記録を向上させていた。また対象者は、これらのレースイメージを体力的要因の改善とともに体现させ、特に S3 付近で速度維持できる区間を伸ばしながら記録更新に至っていた。このように、対象者の記録向上過程において、基盤となる疾走能力の向上に伴い技術的要因や戦術的要因を最適化させる中で、400mH におけるレースイメージの変容がみられた。

これに関して、青山(2015)は、選手が試合に臨むための万全な準備状態は、体力的・技術的要素からなる安定的要素を土台に、精神的・戦術的要素からなる不安定的要素の充実が必要不可欠であることを指摘したうえで、「最高の成績を達成するためには、体力的・技術的要素によって担保される『相対的に高い競技力』をベースにして、その時点で発揮し得る自己の可能性を最大限に引き出さなく

てはならない。」と述べている。このようなスポーツパフォーマンスにおける階層構造は近年広く指摘されており(図子, 2016), その階層構造の下層にあたる体力的要因を集中的に高めることによって技術的要因が変化し, 日本一流走高跳選手が記録を向上させた事例も報告されている(戸邊ほか, 2018)。したがって, 対象者は各体力的要因の向上に伴い疾走能力を向上させ, 400mH でその疾走能力を十分に発揮できるよう, 必要な技術, 戦術的要因を最適化させることで記録を向上させてきたと言える。

また, レースパターン分析を用いたトレーニング計画の実践を始めた 2016 年以降では, 高まった体力的要因に応じて必要な技術的要因や戦術的要因を最適化しようとするだけでなく, 準備期からレースパターンの変化に必要な戦術的要因や技術的要因を見据え, それらに応じて特異的に体力トレーニングを選択できたことが記録向上に貢献したと考えられる。例えば, 2018 年では, レース後半の疾走速度改善のために, レース前半を楽に走り, H5 から H8 めがけて駆け上がるレースイメージを基にトレーニング課題を整理していた。また, そこで必要な技術に, 低身長という個別性を加味したピッチの高いインターバルランニングを取り上げ, その技術獲得に必要な体力要因に特化したトレーニング実践を通し, 記録を向上させている。したがって, レースパターン分析を基にしたトレーニング計画は, 高まった体力的要因に準じて最適な技術, 戦術的要因を整理するのではなく, 選手の個別性に基づいたレースイメージを具現化し得る戦術, 技術的課題に準じた体力的課題を見出す, 言わばパフォーマンス構造の上層からトップダウン的にトレーニング課題を導出できる点で, 有効だったと考えられた。

## V. 結論

本研究では, 一人の 400mH 選手の初レース出場時から 10 年間に渡る記録とレースパターンの変遷およびトレーニングと, レースパターン分析を用いたトレーニング実践事例から, 記録向上に寄与したレースパターンの変化や体力, 技術, 戦術的要因について検討した。そこで得られた知見は以下の通りであった。

- 個人内における 10 年間の記録とレースパターンの関係性には, 従来の横断的な先行研究から示された傾向と同様に, S3 の絶対的, 相対的な疾走速度の高さが関連した。
- 高校期, 大学期, 大学院期ごとの記録とレースパターンの関係性はそれぞれ異なり, 記録レベルや発達段階が上がるとともに, レース前半から, レース後半の疾走速度の寄与が高まるようにシフトしていた。
- 実際の記録更新時のレースパターンの変化は, 記録とレースパターンの 10 年間に渡る長期的な関係性, 高校期, 大学期, 大学院期という中期的な関係性と必ずしも一貫した変化をみせず, 相対的に疾走速度が劣る局面や速度低下の大きな局面など, それぞれの時期に応じた局面の速度改善が重要だった。
- 対象者はレースパターンの情報を基に, 体力的要因, 技術的要因, 戦術的要因の擦り合わせを行い, レースイメージの変容を伴わせながら記録を向上させていた。
- れらのことから, 選手の長期的な記録向上に寄与するレースパターンの変化と, 記録レベルや発達段階を踏まえた, 短中期的な記録の善し悪しに関連するレースパターンの特徴, さらに実際の記録更新時に目指すべきレースパターンの変化の特徴は必ずしも一貫しないことが示唆された。また, コーチング現場では選手の個別性をいかに把握し, トレーニングの中で, 体力, 技術, 戦術, および

その他の要因との擦り合わせができるかが重要である。そのために、レースパターンの情報は、トレーニング課題をパフォーマンスの階層構造の上層からトップダウン的に整理し、それらに応じた下層の要因を特異的にトレーニングできる点で、有用に働いたと考えられる。本研究はそれら体力、技術、戦術的要因を最適化させていくプロセスを記述し、記録向上に寄与した要因について検討を加えたものである。ここで得られた実践知は、選手の中長期的なトレーニング計画や、現状のコンディションを加味した短期的な戦略を立てる上で、有用な判断材料となるとともに、より普遍性の担保された400mHにおける科学研究の進展に寄与するものと考えられる。

## VI. 参考文献

- ・ Abbiss CR and Laursen PB (2008) Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.* 38:239-252.
- ・ 青山亜紀 (2015) 競技トレーニングの計画. コーチング学への招待, 日本コーチング学会編. 大修館書店. pp. 208-236.
- ・ Caha J and Moravec P (1984) Zakladni programovy material behu na 400 m prekazek mužu a žen. Ustredni Vybor Československeho Svazu telesne výchovy, Praha (in Polish).
- ・ グロッサー, ノイマイヤー: 朝岡正雄, 佐野淳, 渡辺良夫訳 (1995) 選手とコーチのためのスポーツ技術のトレーニング. 大修館書店. pp. 139-142.
- ・ Hirvonen J, Nummela A, Rusko H, Rehunen S and Härkönen M (1992) Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400m sprint. *Can J Sport Sci.* 17:141-144.
- ・ 稲岡純史, 村木征人, 国土将平 (1993) コントロールテストからみた跳躍競技の種目特性および競技パフォーマンスとの関係. *スポーツ方法学研究.* 6:41-48.
- ・ Iskra J (2001) Morfologiczne i funkcjonalne uwarunkowania rezultatów w biegu przez płotki. Katowice, Academy of Physical Education (in Polish).
- ・ 荻部俊二, 尾縣貢, 安井年文, 山崎一彦, 関岡康雄 (1999) 国内トップの 400m 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.* 37:2-7.
- ・ 熊野陽人, 大沼勇人 (2017) 陸上競技跳躍選手におけるコントロールテストの目標値の検討: 一経年的に記録が向上した場合の変化, 男女の性差の有無に焦点を当てて. *コーチング学研究.* 31:127-131.
- ・ 前田奎, 大山卞圭悟, 広瀬健一, 尾縣貢 (2018) 男子円盤投における記録と形態および体力要因との関係—記録に応じた体力基準の推定—. *コーチング学研究.* 31:175-184.
- ・ マトヴェーエフ: 魚住廣信監訳, 佐藤雄亮訳 (2008) ロシア体育・スポーツトレーニングの理論と方法論. ナッポ. pp. 558-568.
- ・ 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 土江寛裕 (2008) 男女 100m レースのスピード変化. *バイオメカニクス研究,* 12:74-83.
- ・ 宮代賢治 (2012) 最高疾走スピードとジャンプ能力の関係. *スプリント&ハードル*, 宮下憲編著. 陸上

競技社. pp. 71-73.

- ・ 森丘保典(2014)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. 30:7-15.
- ・ 森丘保典(2015)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. 25:7-13.
- ・ 森丘保典(2019)競技者育成指針の基本的な考え方. 競技者育成プログラム—Accelerating JADM—東京、そしてパリへ. 公益財団法人日本陸上競技連盟. pp. 12-13.
- ・ 森丘保典, 榎本靖士, 杉田正明(2005)陸上競技 400m 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. 9:196-204.
- ・ 森丘保典, 杉田正明, 榎本靖士, 阿江通良, 小林寛道(2002)一流男子 400m ハードル走におけるレースパターンと記録の関係—5 台目および 8 台目ハードル通過時刻に注目して—. スプリント研究. 12:20-27.
- ・ 森丘保典, 山崎一彦(2008)陸上競技男子 400m ハードル走における最適レースパターンの創発: 一流ハードラーの実践知に関する量的および質的アプローチ (特集【一流スポーツ選手が持つトレーニング経験知の探求～事例から学ぶトレーニング戦略～】). トレーニング科学. 20(3):175-181.
- ・ 長澤光雄(1995)初心者の 400m ハードル競走に関する一考察. 秋田大学教育学部研究紀要教育科学部門. 48:49-60.
- ・ 奈良春樹, 吉本隆哉, 山本正嘉(2014)ハムストリングスの肉離れを発症した陸上競技短距離選手に対する早期復帰のためのリハビリテーショントレーニング—自転車エルゴメータを用いた間欠的ペダリングの効果—. スポーツパフォーマンス研究. 6:289-299.
- ・ 尾縣貢(2017)体力トレーニングの原理. コーチング学への招待, 日本コーチング学会編. 大修館書店. pp. 149-158.
- ・ 尾縣貢, 福島洋樹, 大山圭悟, 安井年文, 関岡康雄(1998)筋疲労時の疾走能力と体力的要因との関係. 体力科学. 47:535-542.
- ・ 尾縣貢, 安井年文, 大山圭悟, 山崎一彦, 荻部俊二, 高本恵美, 伊藤穰, 森田正利, 関岡康雄(2000)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. 45:422-432.
- ・ Otsuka M and Isaka T(2019)Intra-athlete and inter-group comparisons: Running pace and step characteristics of elite athletes in the 400-m hurdles. PloS one, 14, e0204185.
- ・ 尾崎雄祐, 上田毅, 稲井達也, 木戸恵理, 成迫大樹(2019)高校生男子の 400m ハードル走における記録低下に伴うレースパターンの変化. 広島体育学研究. 45:1-13.
- ・ Ozaki Y, Ueda T, Fukuda T and Adachi T(2018)Relationship between velocity changes and subjective effort in top-level high-school 400 m hurdlers. 運動とスポーツの科学. 23:79-87.
- ・ 尾崎雄祐, 上田毅, 福田倫大, 足立達也(2018)全国高校総体から国民体育大会における 400m ハードル走の記録向上によるレースパターンの変化. コーチング学研究. 32:89-98.

- ・ Sprague P and Mann RM(1983)The effects of muscular fatigue on the kinetics of sprint running. Research quarterly for exercise and sport. 54:60-66.
- ・ Tabata I, Irisawa K, Kuzaki M, Nishimura K, Ogita F and Miyachi M(1997)Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. Med Sci Sports Exerc. 29:390-395.
- ・ 戸邊直人, 林陵平, 荻山靖, 木越清信, 尾縣貢(2018)一流走高跳選手のパフォーマンス向上過程における事例研究. コーチング学研究. 31:239-251.
- ・ 土江寛裕, 中川博文, 矢澤誠(2002)200m 競走における 10m 毎の疾走速度とピッチ, ストライド変化. 陸上競技研究紀要. 15:30-38.
- ・ 渡邊諒(2013)400mH の競技発達の段階の違いによるレースパターン. 日本コーチング学会大会予稿集, 25:25.
- ・ 八嶋文雄, 山崎一彦(2009)男子 400m ハードルのレース展開における縦断的研究:同一選手の初レースから 53 秒台に至るまでの過程. 日本体育学会大会予稿集. 60:245.
- ・ 山元康平, 宮代賢治, 内藤景, 木越清信, 谷川聡, 大山卞圭悟, 宮下憲, 尾縣貢(2014)陸上競技男子 400m 走におけるレースパターンとパフォーマンスとの関係. 体育学研究. 59:159-173.
- ・ 安井年文, 本道慎吾, 高島瑠依, 青山清英, 一川大輔, 遠藤俊典(2008)400m ハードル走におけるパフォーマンスレベルによるレース分析について. 陸上競技研究. 75:12-20.
- ・ 横川和幸(1996)日本インターカレッジ女子 400M ハードル入賞者のラップタイムからみた記録の発達:鈴木理子の事例報告. 仙台大学紀要. 27:53-62.
- ・ 図子浩二(2016)パフォーマンスの構造を理解しトレーニングサイクルを循環させるー特集:パフォーマンスを評価するー. コーチングクリニック. 30:4-7.