

[事例報告]

高校生男子の400mハードル走におけるレースパターンと主観的努力度の関係について：全国規模の競技会において記録が向上した選手に着目して

尾崎 雄祐*
上田 毅*
福田 倫大*
足立 達也*

Relationship between race patterns and subjective effort among high school 400-m hurdles runners with regard to improvement in records in national-level competitions

Ozaki Yusuke

(Hiroshima University, Graduate School of Education)

Ueda Takeshi

(Hiroshima University, Graduate School of Education)

Fukuda Tomohiro

(Hiroshima University, Graduate School of Education)

Adachi Tatsuya

(Hiroshima University, Graduate School of Education)

Abstract

Abstract: The purpose of this study was to discuss the changes in race pattern and subjective effort among high school 400-m hurdles runners with regard to improvements in records from inter-high school competitions (IH) to national sports festivals (NS) in Japan. The races in IH and NS in the years 2008, 2009, 2011, 2012, and 2015 were videotaped, panning from start to finish. The touchdown time immediately after hurdling from the start of the race and the number of steps in each section were obtained. Furthermore, we surveyed the subjective efforts of the 11 runners who had improvements in records from IH to NS with the use of questionnaires and discussed the subjective efforts corresponding to the race pattern and number of steps.

As a result, several runners increased their subjective efforts during the first half of the race, and the velocity was increased along with the efforts. In addition, some runners with low subjective effort during the first half of the race increased their running velocity during the second half where the velocity was remarkably decreased in IH. These results indicate that the improvement in the section where the speed was relatively lower than other players' race pattern and the section where the velocity was remarkably decreased is important and may be influenced by subjective pacing.

* 広島大学大学院教育学研究科

I. 緒言

陸上競技における400mハードル走(以下,400mH)はセパレートレーンに35m間隔で設置された10台のハードル(高さ男子:0.914m,女子:0.762m)を越えながら走る種目であり,曲走路でのハードリング,歩幅の調節,逆足でのハードリングなど,直線ハードル種目の110mハードル走とは異なる技術を要する。また,この種目は男子で50秒程度,女子で60秒程度の時間を要し,スタートからゴールにわたって最大速度を維持することは困難である。したがって,400mHで高パフォーマンスを達成するためには効率的なペース配分(以下,可視化された客観的なレース中の速度推移を「レースパターン」,選手自身の主観的な出力のコントロールについては「ペース配分」と表記する)が重要である(Abbiss and Laursen, 2008; Hirvonen, 1992; Sprague and Mann, 1983)。400mHのレース分析では,通常,各地点の通過タイム,および速度変化を基にした「レースパターン」が用いられ,発達段階やパフォーマンスレベルによって特徴がみられる。初心者レベル(63.11±3.64秒)では,後半の速度維持能力がパフォーマンスに強く関係し(長澤, 1995),日本の高校生トップレベルでは,日本の社会人トップ,世界トップレベルと比較して,レース全体の速度低下が小さい後半型が多い傾向がある(渡邊, 2013)。世界トップレベル(47秒台)で活躍するためには中盤(第5ハードルから第8ハードル)の速度維持能力が重要である(森丘ほか, 2005)。さらに,400mHのレースパターンは,個人の体力特性に影響を受け(荏部ほか, 1999),同じトラックを1周する競技であっても,個人によって理想的なペース配分は異なることが示唆されている。また,400mHのレースパターンは個人の疾走速度の絶対値や相対値を基に分析されており,個人の運動制御に関わる意識下でのペース配分は異なると考えられる。そのため,個人内で記録やレースパターンが変化する場合,競技者の意識下でのペース配分は変化している可能性がある。したがって,記録やレース

パターンの変化と意識下でのペース配分の変化を対応させて比較検討することは,現場でのコーチングに資する有益な情報を提供するものと考えられる。

400mHは高校から導入される種目である。そのために,高校生ハードラーは,技術的,体力的な発達が著しいと考えられ,他の種目と比較して,同一のシーズン内であっても大きな記録の向上や,レースパターン,および意識下でのペース配分の変化が期待できる。そこで本研究では,多くのハイパフォーマンスが期待できる高校生の全国規模の大会として,全国高校総体(インターハイ:以下,IH)と国民体育大会(以下,国体)に着目した。IHは夏季に行われ学校対抗である。一方,国体は秋季に行われ,県対抗である。また,国体は種目数が少ないために,それまでのトレーニングを含め,自身の種目に集中する環境が整いやすく,更なる記録の向上とともに,レースパターン,意識下でのペース配分の変化が予想できる。そこで本研究では,IHから国体において記録の向上がみられた選手におけるレースパターン,および意識下でのペース配分の変化について,事例的に検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者と撮影

対象者は,2008,2009,2011,2012,2015年のIHと国体,両試合の400mHに出場した選手とした。対象者のIHと国体の400mH走のレースを出発信号からゴールまで,ハードルクリア後の着地の瞬間が映るよう数台のビデオカメラを用いて追従撮影した(撮影速度:60 field/s)。予選,準決勝,決勝と複数記録のある者は,最も記録の良かったレースを扱った。本研究では,IHで自己最高記録に近いかそれ以上の記録をマークし,かつIHと比べ国体において記録が向上した選手を研究の対象とした。そのため,IH以前の自己最高記録に対し,IHでの記録達成率が98%未満だった選手,および国体においてIHよりも記録が低下した選手は,分析の対象から除外した。ま

た、ハードルクリア後の着地の瞬間が鮮明にビデオに映らなかった選手、アンケート調査（後述）の回答において欠損や不備があった選手も除外し、残った11名を分析対象とした。

2. 測定項目

1/100 sec 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。それをもとに、スタートから第1ハードル（以下、それぞれH1, H2…H10）まで（Approach）、各ハードル間（インターバル）のタイムを算出した。H10からゴールまで（Run in）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。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。

レース中の主観的努力度の調査は、Survey Monkey（Survey Monkey, online）を用いて、選手に回答用URLを送信し、筆者らが作成した調査ページへ移動させ、当時のレースを想起させることで実施した。対象者には、本研究の目的、および回答は任意であり、レース当時を鮮明に想起させることができない場合は、回答を取りやめることができること、得られた情報公開時の匿名性は確保されること、アンケートへの回答をもって、被験者として用いられることに同意したとみなすことを説明した。調査項目は以下の通りであり、調査期間は2015年10月から2015年11月までであった。

・IHと国体で最も記録の良かったレースの各区間における主観的努力度の推移

スタートから最大スピードに達するまでのH3、歩数の切り替えが多く発生するH5-H8（安井, 2009）を基準に、それぞれApproach-H3, H3-H5, H5-H8, H8-Run inの4区間に区間分けをした。その区間において、最大努力を100%としたとき、感覚としてそれぞれ何%の努力度で走ったかを、70%未満, 70-80%, 80-90%, 90-95%, 95%-最大努力の5段階評価で選択させた。

・IHから国体までの期間で、特に優先したトレー

ニング

スピードを高めるトレーニング、持久力を高めるトレーニング、ハードリングの技術トレーニング、その他の4項目から選択させた。

・具体的なトレーニング例

自由記述で回答させた。

Ⅲ. 結果および考察

1. 各選手の主観的努力度とレースパターンの変化、およびトレーニングについて

本研究では、IHから国体にかけてのレースパターンの変化において、主に前半の速度が向上した選手が6名（以下、前半向上群）、後半の速度が向上した選手が4名（以下、後半向上群）、前半と後半ともに特定の区間で速度が向上した選手が1名（選手11）みられた。Fig.1-2にそれぞれの選手のIHと国体における速度変化と使用歩数、Table 1にIHと国体における主観的努力度の変化、優先したトレーニングとトレーニング例を示した。

1.1. 前半向上群について

これらの選手は主にレース前半の速度が向上し、レース終盤はIHと比較して大きな速度低下がみられながらも、レース全体の記録は向上していた。高校生は、世界トップレベルの選手や日本の社会人トップレベルの選手と比較し、後半巻き返すオープンペース型が多い傾向があり（渡邊, 2013）、記録向上においてはレース序盤の最大速度を高めることの重要性が指摘されている（森田ほか, 1994）。本事例では、選手1-5でH5までの主観的努力度の増加がみられ、前半から意識的にペースを速めたことがレース前半の速度の向上、および記録の向上につながったものと推察された。

また、選手2においてはApp.-H3までの努力度は増加していたが、H3-H5では低下していた。この選手は国体において前半インターバルでの使用歩数が減少したことを考慮すると、スタートからの努力度を増加させ、より高い速度を

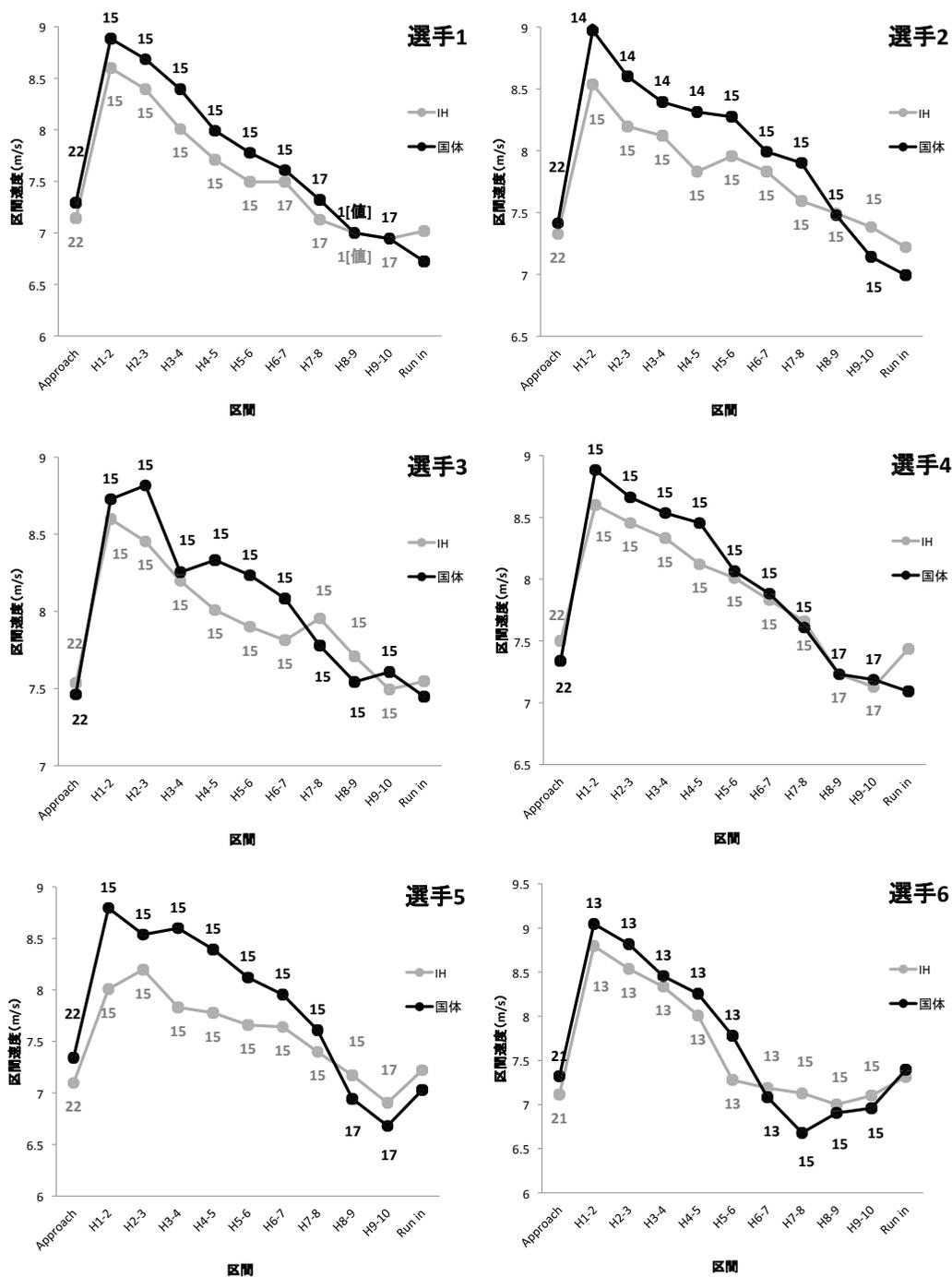


Figure 1 前半向上群（選手1-6）におけるIHと国体のレース中の速度変化と使用歩数

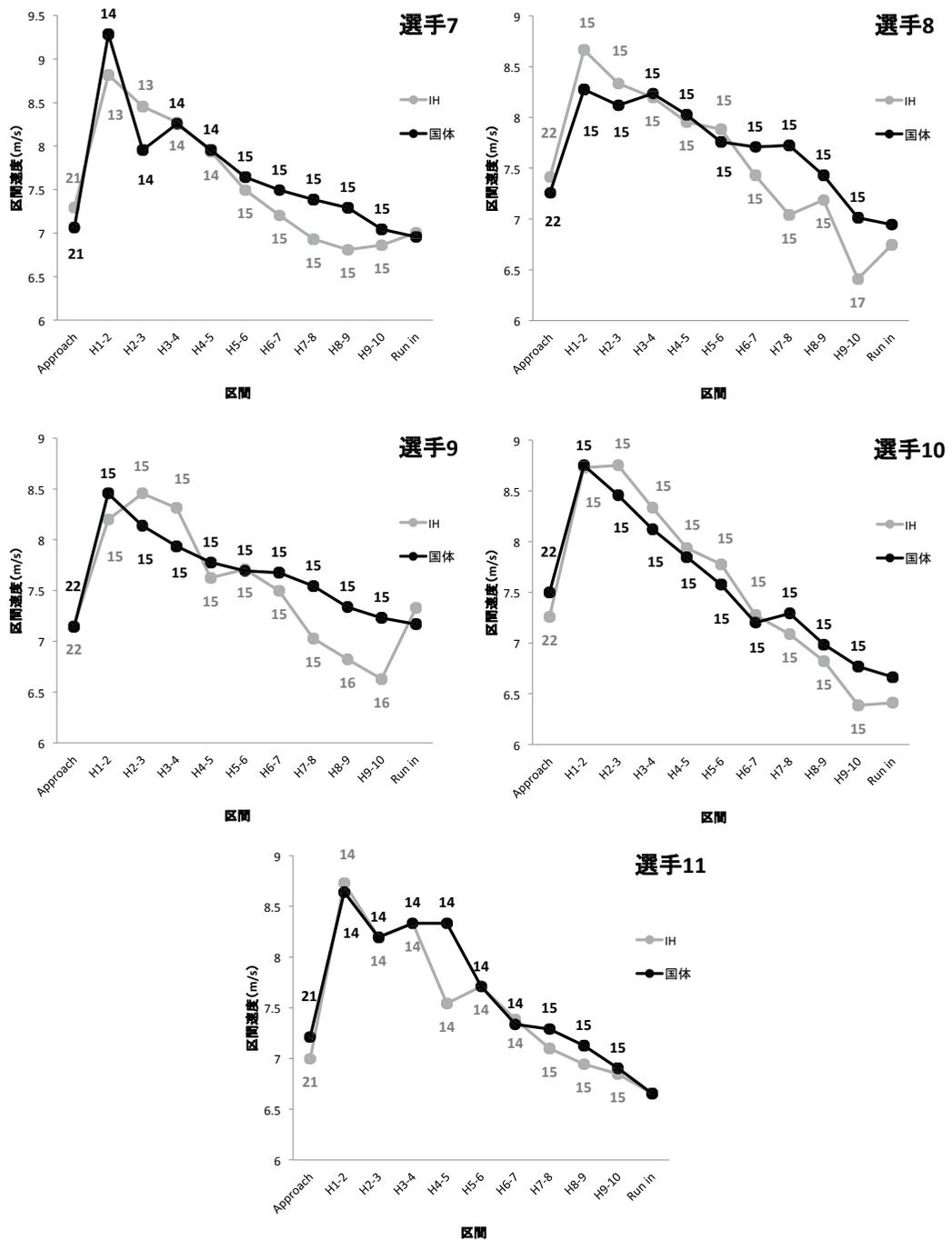


Figure 2 後半向上群 (選手7-10) と選手11におけるIHと国体のレース中の速度変化と使用歩数

Table 1 IHと国体におけるレース中の主観的な努力度の変化と優先させたトレーニング、およびトレーニング例

群	選手	レース	記録(秒)	主観的な努力度				IHから国体までの期間で優先したトレーニング	トレーニング例
				App-H3	H3-H5	H5-H8	H8-Run in		
前半向上群	選手1	IH	54.14	90-95%	80-90%	90-95%	95%-最大努力	持久力を高めるトレーニング	500m
		国体	52.56	90-95%	<u>90-95%</u>	90-95%	95%-最大努力		
	選手2	IH	51.72	70%未満	80-90%	80-90%	95%-最大努力	持久力を高めるトレーニング	150m × 5 rest : 150m walk
		国体	50.76	<u>70-80%</u>	<u>70%未満</u>	80-90%	95%-最大努力		
	選手3	IH	50.64	80-90%	70%未満	95%-最大努力	95%-最大努力	持久力を高めるトレーニング	300mH+100mH
		国体	50.17	80-90%	<u>70-80%</u>	95%-最大努力	95%-最大努力		
選手4	IH	51.26	80-90%	90-95%	95%-最大努力	95%-最大努力	持久力を高めるトレーニング	ハードルドリル, (350m+300m+300m)の全力走 rest:20', 150m × 5 など	
	国体	51.08	<u>90-95%</u>	90-95%	95%-最大努力	95%-最大努力			
選手5	IH	53.32	70-80%	80-90%	80-90%	95%-最大努力	スピードを高めるトレーニング	200m+200m	
	国体	51.73	<u>80-90%</u>	<u>90-95%</u>	<u>90-95%</u>	95%-最大努力			
選手6	IH	52.97	80-90%	70-80%	70-80%	95%-最大努力	スピードを高めるトレーニング	200mH	
	国体	52.56	80-90%	70-80%	70-80%	95%-最大努力			
後半向上群	選手7	IH	53.45	90-95%	70-80%	80-90%	95%-最大努力	持久力を高めるトレーニング	200m+200m+200m
		国体	52.69	90-95%	<u>80-90%</u>	80-90%	95%-最大努力		
	選手8	IH	53.36	80-90%	90-95%	95%-最大努力	95%-最大努力	持久力を高めるトレーニング	200mH, 120m × 2
		国体	52.39	<u>70-80%</u>	<u>70-80%</u>	<u>90-95%</u>	95%-最大努力		
	選手9	IH	53.56	80-90%	70%未満	90-95%	95%-最大努力	持久力を高めるトレーニング	テンボ走 (300m-300m-500m-500m-500m-500m-300m-300m)
		国体	52.59	80-90%	70%未満	90-95%	95%-最大努力		
	選手10	IH	53.92	70-80%	70-80%	80-90%	95%-最大努力	その他	5台目から8台目までをスピードを落とさずけるように、200mHを力を使わずに行う練習
		国体	53.47	70-80%	70-80%	80-90%	95%-最大努力		
	選手11	IH	53.92	80-90%	90-95%	90-95%	95%-最大努力	ハードリングの技術トレーニング	8歩ハードル, 120m
		国体		90-95%	90-95%	95%-最大努力	95%-最大努力		

下線部はIHから国体で主観的な努力度に変化がみられた区間

獲得することでより少ない歩数で疾走し、その速度をできるだけエネルギーを使わずに維持することで、記録を向上させていたものと考えられた。しかし、選手6のように主観的な努力度に変化がみられなかった選手もいた。この選手は国体までのトレーニングにおいて、スピードを高めるトレーニングを優先しており、このことが前半の速度向上につながったものと考えられた。

1.2. 後半向上群について

これらの選手は、国体で主にレース後半の速度の改善がみられた。また、この群においても主観的な努力度に変化がみられた選手(選手7, 8)、みられなかった選手(選手9, 10)の双方が存在

した。

選手7は、IHよりも国体で、H1-3の使用歩数が増加していた。また、国体ではH3-5での努力度が増加していたが、その区間でIHよりも顕著な速度の向上はみられなかった。しかし、H5以降はIHよりも速度が維持できており、このレース後半の速度の改善が記録の向上につながったと考えられた。一方、選手8では、App-H8までのレース前半から中盤までの努力度の低下がみられた。速度推移をみると、国体ではレース中の最大速度がIHより低下していた。しかし、IHで大きな速度低下が起きていたH6以降は顕著な速度の改善がみられ、最後まで歩数を増加させずに疾走することができていた。したがって、

この選手はレース前半からの努力度を抑え、より後半型のレースパターンにすることで、記録の向上につながったと推察できた。

主観的努力度に変化がみられなかった選手9は、IHでH8-9、H9-10において16歩で疾走していたが、国体では歩数を増やさず15歩で走りきることができており、持久的なトレーニングを優先したことがこの区間での速度維持につながったと推察された。同じく主観的努力度に変化がみられなかった選手10は、トレーニングにおいてH5-8の速度低下を防ぐためにレース前半を効率的に走る練習をしていた。このことが、H7付近の速度低下を小さくし、レース終盤までの速度を向上させることができた理由であったと考えられた。

1.3. 選手11について

この選手では、App-H3、およびH5-8での努力度の増加がみられた。しかし、実際のレースでは対応する区間の速度改善はみられなかった。一方、IHで速度が大きく低下していたH4-5やレース終盤のH7-10において速度の改善がみられた。この選手はトレーニングにおいて、8歩ハードル（インターバルを偶数歩で疾走し、ハードルごとに踏み切り足が変わるため、逆足のハードリングを含めた技術トレーニングとなると考えられる）を採用しており、レース前半の14歩での疾走技術を向上させようと試みたことが伺える。そのことが、14歩での疾走区間であるH4-5や、14歩から15歩への歩数の切り替え区間を含むH7-10の速度改善につながったものと考えられる。

2. コーチングへの示唆

400mHは各ハードルの着地の瞬間を基にしたタッチダウタイムを活用することで、簡易的に選手のレースパターンを評価することができる。しかし、レースパターンや記録には選手の体力特性（荻部ほか,1999）のみならず、技術レベル、レーンや風力、風向（Quinn,2010）、気温、さらには

選手自身の主観的なペース配分、心理状態、複数のラウンドによる疲労状態など様々な要素が影響すると考えられる。そのため、レースパターンを評価し、さらなるレベルアップのためのトレーニング課題を抽出する際には、選手個人におけるそれらの外的、内的要因を十分に考慮する必要がある。

本研究では、それらの要因の一つとして、選手の主観的な努力度の推移を取り上げ、IHから国体にかけて記録の向上がみられた選手について、レースパターンの変化と対応させて事例的検討を行った。その結果、主観的な努力度に変化がみられた選手と、みられなかった選手の双方が存在した。努力度の変化がみられた選手では、レース前半の主観的な努力度が増加した者が多く、それに応じて速度の向上がみられた。また、前半からの主観的な努力度が低下し、レース前半の速度はIHより低下しながらもレース後半の速度が改善し、記録が向上した者も存在した。山元ほか（2016）は、400m走の記録向上の際、レース全体の速度低下の小さい後半型の選手は、前半から中盤における速度が向上し、逆に前半型の選手は、中盤から後半における速度が向上することを示し、他選手のレースパターンと比較して相対的に劣る局面の速度改善が、パフォーマンス向上に繋がることを明らかにしている。本研究では、選手のレースパターンのタイプ分類は行っていないが、顕著な速度低下がみられる区間での速度の改善や、後半型が多いとされる高校生（渡邊,2013）で、前半速度の改善がみられ、対応する区間で主観的な努力度の変化があった選手が複数いた。これらのことから、400mHにおいてもレース中、他選手のレースパターンと比較して相対的に速度が劣る局面や、顕著な速度低下がみられる区間での速度改善が重要であると同時に、それらには主観的な努力度によるペース配分が影響する可能性が示唆された。

また、一般にレース全体の歩数は少ないほど記録は良い（岩壁ほか,1993；森丘ほか,2005；宮下,1991）。本研究ではレース前半、レース後半

の歩数が減少し、記録が向上した選手がみられた。一方、レース前半の歩数が増加し、後半での速度改善がみられた選手や、主観的な努力度の増加とともにレース前半で速度が向上し、後半はIHよりも歩数が増加しながらも記録が向上した選手もみられた。さらに高いレベルを目指すためには、より少ない歩数で疾走するための体力、技術を身に付けることが必要だと考えられる。しかし、これらの事例のように、課題のある局面の速度を改善させるための手段としてならば、特定区間の歩数増加につながるようなペース配分の試みも否定はできないと言える。

IV. 総括

本研究の目的は、高校生男子の400mハードルにおける記録向上に伴うレースパターンと主観的な努力度の変化との関係を事例的に検討することであった。2008, 2009, 2011, 2012, 2015年の全国高校総体(IH)と国民体育大会(国体)のレースをスタートからゴールまで追従撮影し、スタートからハードリング後の着地の瞬間をもとに、各区間の所要タイム、歩数を計測した。さらに、IHから国体において記録を向上させた選手を対象に、レース中の主観的な努力度に関するアンケート調査を実施した。得られたデータについて、記録したレース映像にハードルクリア後の着地の瞬間が鮮明に映らなかった選手や、アンケート調査において欠損や不備のあった選手を除く11名を分析対象とし、レース中の主観的な努力度とレースパターン、歩数の変化を対応させて検討した。その結果、努力度の変化がみられた選手では、レース前半の主観的な努力度が増加した者が多く、それに応じて速度の向上がみられた。また、レース前半の努力度が低下し、IHでは顕著に速度が低下した後半での速度が改善したものもみられた。これらのことから、400mHにおいてもレース中、他選手のレースパターンと比較して相対的に速度が劣る局面や、顕著な速度低下がみられる区間の速度改善が重要であると同時に、それらには主観的な努力度によるペース配分が影響する可

能性が示唆された。

V. 文献

- Abbiss, C. R. and Laursen, P. B. (2008) Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med.*, 38(3): 239-252.
- 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. Sports Sci.*, 17(2): 141-144.
- 岩壁達男・前川洋一・山本利春(1993) 400mHにおけるハードル間のスプリットタイムとステップ数の関係. *陸上競技マガジン* 6月号. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 207-213.
- 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): 2-7.
- 宮下憲(1991) 最新陸上競技入門シリーズ ハードル. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 74-88.
- 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(4): 196-204.
- 森田正利・伊藤 章・沼澤秀雄・小木曾一之・安井年文(1994) 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・小林寛道・阿江通良 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—*. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 50-65.
- 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.
- Quinn M. D. (2010) External efforts in the 400-m hurdles race. *J. Appl. Biomech.*, 26(2): 171-179.
- Sprague, P. and Mann, R. V. (1983) The effects of

muscular fatigue on the kinetics of sprint running. Res. Q. Exerc. Sport, 54(1) : 60-66.

Survey Monkey. <https://jp.surveymonkey.com/>,

(参照日 2015年10月25日)

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.

安井年文 (2009) 400mハードル走の特性における実践的把握についての検討. 陸上競技研究, 79(4) : 2-16.

山元康平・内藤景・宮代賢治・関慶太郎・上田美鈴・木越清信・大山下圭悟・宮下憲・尾縣貢(2016) 男子400m走におけるパフォーマンス向上に伴うレースパターンの変化. 陸上競技学会誌, 14 : 9-18.