

## 2021年シーズンにおける男女400mハードル走のレース分析

杉本和那美<sup>1)</sup> 森丘保典<sup>2)</sup> 貴嶋孝太<sup>3)</sup> 柴山一仁<sup>4)</sup>

1) 弘前大学 2) 日本大学 3) 大阪体育大学 4) 仙台大学

### 1. はじめに

東京オリンピックでは、男子400mHにおいて山内大夢選手（早稲田大）が準決勝に進出した。この種目でのオリンピック準決勝進出は、2016年リオデジャネイロ大会での野澤啓佑選手（ミズノ）に続き2大会連続となった。400mHにおける東京オリンピック参加標準記録は男子が48.90秒であり、4選手が参加標準記録を突破した。特に5月9日に開催されたREADY STEADY TOKYOでは、男子400mHに出場した9選手の内3選手がオリンピック参加標準記録を突破したハイレベルな大会であった。また、女子400mHにおいては、同大会で宇都宮絵莉選手（長谷川体育施設）が日本歴代6位の56.50秒をマークした。

日本陸上競技連盟科学委員会では、公認競技会における男女400mH走の区間タイムや区間速度、歩数などを用いてレース分析が行われてきた（森丘ほか，2005；杉本ほか，2020a；杉本ほか，2020b）。本稿では、2021年シーズンに開催された主要競技会における分析結果について報告する。

### 2. 方法

#### 2-1. 分析対象選手，および対象競技会

分析の対象は、国内外の男女400mH選手のべ96名（男子：49名，女子：47名）であった。対象選手たちが出場した以下の6大会を分析対象競技会とした。

- ①第36回静岡国際陸上競技大会（5月3日，エコパスタジアム・静岡）
- ②READY STEADY TOKYO（5月9日，新国立競技場・東京）
- ③第8回木南道孝記念陸上競技大会（6月1日，ヤンマースタジアム長居・大阪）
- ④デンカアスレチックチャレンジカップ2021（6月

6日，デンカビッグスワンスタジアム・新潟）

⑤第105回日本陸上競技選手権大会（6月24日～27日，ヤンマースタジアム長居・大阪）

⑥第37回U20日本陸上競技選手権大会（6月24日～27日，ヤンマースタジアム長居・大阪）

#### 2-2. 測定方法，および分析項目

上記競技会におけるレース分析のためのビデオ撮影は、観客席スタンドに設置した複数台のデジタルビデオカメラを用いて行った（59.94fps）。スタートピストルの閃光を映した後、インターバルの歩数と10台のハードルクリアランス直後の着地（以下、「タッチダウン」とする）が確認できるよう、追従撮影した。撮影後、スタートピストルの閃光を基準に各ハードルのタッチダウンタイム（以下、「通過タイム」とする）を読み取り、各測定区間に要した時間を求めた。

400mHレースにおける測定区間定義は、Startから第1ハードル（H1）までの区間をS-H1とし、以下ハードル間をH1-2，H2-3，H3-4，H4-5，H5-6，H6-7，H7-8，H8-9，H9-10，最終ハードル（H10）からFinishをH10-Fとした。また、トレーニングや試合の際にチェックポイントとして頻繁に用いられ、ペース配分の評価に役立てることができる（宮下，1991）とされている第5ハードル（185m地点），第8ハードル（290m地点）を基準として、Startから第5ハードルまでの185m区間をレース前半区間（以下，前半），第5ハードルから第8ハードルまでの105m区間をレース中盤区間（以下，中盤），第8ハードルからFinishまでをレース後半区間（以下，後半）とした（森丘ら，2000）。各測定区間の平均疾走速度は、区間距離を区間タイムで除すことにより求めた。前半から中盤，中盤から後半にかけての各疾走速度低下率は、それぞれの区間平均速度を求め、次式にて算出した。

疾走速度の低下率（%）＝[1-（中盤（後半）速度）

表1 対象競技会における男子400mハードル決勝の平均記録

No.	日付	大会名	記録 (sec)	
			平均	(最小値 - 最大値)
1	5月3日	第36回静岡国際陸上競技大会	50.38	( 49.91 - 50.82 )
2	5月9日	READY STEADY TOKYO	49.70	( 48.68 - 52.08 )
3	6月1日	第8回木南道孝記念陸上競技大会	50.19	( 49.80 - 50.61 )
4	6月6日	デンカアスレチックチャレンジカップ2021	49.98	( 49.38 - 50.33 )
5	6月26日	第105回日本陸上競技選手権大会	49.87	( 48.69 - 51.32 )
6	6月26日	第37回U20日本陸上競技選手権大会	51.42	( 50.27 - 52.76 )

/前半(中盤)速度]×100

また、前半、中盤、後半それぞれの区間タイムが、400mハードル記録(以下、記録)に占める割合(以下、それぞれ%前半、%中盤、%後半)を求めた。

ハードル区間歩数は、ハードルクリアランス直後の先行(リード)脚の着地から逆脚の接地までを1歩目とし、次のハードルクリアランス直前の接地までの歩数とした。

### 3. 結果および考察

#### 3-1. 男子400mH

各競技会の決勝における記録の平均、最小値および最大値を表1に示した。最も平均記録が良かった(小さかった)競技会は、READY STEADY TOKYO(49.70秒)で、最も良い記録(最小値)は、同大会で黒川和樹選手(法政大)がマークした48.68秒であった。

表2から表7に各競技会における通過タイム、区間タイム、区間速度および各区間の歩数を示した。加えて、各競技会における区間速度の変化を図1から図6に示した。概ねどの選手も区間速度がS-H1、H1-2と大きくなり、H1-2において最高区間速度が出現した。最高区間速度が出現した後、速度は低下しながらフィニッシュするように変化した。ハードル間の歩数は、13～17歩であった。

表8は、分析対象競技会におけるレース記録上位4名(48.68～48.87秒)のペース配分の指標となる算出項目(前半、中盤および後半速度、疾走速度低下率、前半、中盤および後半の区間タイムが記録に占める割合)を示したものである。この表には、為末大氏の日本記録(47.89秒)の分析結果も示した(森丘ら、2007)。表8に示した競技者の分析結果からH8までのペース配分によるレースパターンの類型化(森丘ら、2007)を作図した(図7)。この図は、①第5ハードルまでのペース配分、②第5ハードルまでに獲得した速度が次のカーブ(H5-8)

でどのくらい維持されているか、の2点を基準に類型化したものである。図の縦軸は、レース記録に占めるS-H5タイムの割合(%S-H5)であり、上に行くほど(値が大きいほど)H5までの想定のペースが遅くなる。一方、横軸はS-H5(前半)からH5-8(中盤)への速度低下率であり、右に行くほど(値が大きいほど)H5-8での速度低下が大きいことを意味する。その結果、黒川選手と安部孝駿選手(ヤマダHD)はハイペース低下型であり為末氏と同じ型に分類され、山内大夢選手(早稲田大)と豊田将樹選手(富士通)はイーブンペース型に分類された。為末氏と比較すると、黒川選手は前半の区間速度(8.82m/s)は同程度(8.83m/s)であるが、中盤での区間速度の差が大きかった(8.18m/sと8.41m/s)。そのため、速度低下率の前半～中盤に大きな差がみられた。これらのことから、レース前半で獲得した速度を中盤で維持することが課題となると考えられる。

表2 2021.05.03 第36回静岡国際陸上 男子400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
川越 広弥	(JAWS)	49.91	通過タイム (sec)	6.09	9.96	13.91	17.95	22.07	26.36	30.76	35.24	39.77	44.48	49.91
			区間タイム (sec)	6.09	3.87	3.95	4.04	4.12	4.29	4.40	4.48	4.53	4.71	5.43
			区間速度 (m/s)	7.39	9.04	8.86	8.66	8.50	8.16	7.95	7.81	7.73	7.43	7.37
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
黒川 和樹	(法政大)	50.20	通過タイム (sec)	5.96	9.61	13.43	17.38	21.54	25.94	30.28	34.80	39.46	44.36	50.20
			区間タイム (sec)	5.96	3.65	3.82	3.95	4.16	4.40	4.34	4.52	4.66	4.90	5.84
			区間速度 (m/s)	7.55	9.59	9.16	8.86	8.41	7.95	8.06	7.74	7.51	7.14	6.85
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山内 大夢	(早稲田大)	50.23	通過タイム (sec)	6.17	10.09	14.21	18.34	22.54	26.79	31.13	35.59	40.15	44.81	50.23
			区間タイム (sec)	6.17	3.92	4.12	4.13	4.20	4.25	4.34	4.46	4.56	4.66	5.42
			区間速度 (m/s)	7.29	8.93	8.50	8.47	8.33	8.24	8.06	7.85	7.68	7.51	7.38
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
安部 孝駿	(ヤマダHD)	50.35	通過タイム (sec)	6.02	9.66	13.46	17.33	21.29	25.49	29.85	34.40	39.16	44.09	50.35
			区間タイム (sec)	6.02	3.64	3.80	3.87	3.96	4.20	4.36	4.55	4.76	4.93	6.26
			区間速度 (m/s)	7.48	9.62	9.21	9.04	8.84	8.33	8.03	7.69	7.35	7.10	6.39
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
岩崎 崇文	(新潟アルビレックスRC)	50.44	通過タイム (sec)	6.01	9.86	13.88	17.97	22.09	26.41	30.85	35.42	40.11	44.84	50.44
			区間タイム (sec)	6.01	3.85	4.02	4.09	4.12	4.32	4.44	4.57	4.69	4.73	5.60
			区間速度 (m/s)	7.49	9.09	8.71	8.56	8.50	8.10	7.88	7.66	7.46	7.40	7.14
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	50.52	通過タイム (sec)	6.19	10.01	13.93	17.92	22.06	26.44	30.90	35.52	40.21	44.98	50.52
			区間タイム (sec)	6.19	3.82	3.92	3.99	4.14	4.38	4.46	4.62	4.69	4.77	5.54
			区間速度 (m/s)	7.27	9.16	8.93	8.77	8.45	7.99	7.85	7.58	7.46	7.34	7.22
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
岸本 鷹幸	(富士通)	50.56	通過タイム (sec)	5.99	9.83	13.75	17.83	22.04	26.39	30.81	35.39	40.06	44.91	50.56
			区間タイム (sec)	5.99	3.84	3.92	4.08	4.21	4.35	4.42	4.58	4.67	4.85	5.65
			区間速度 (m/s)	7.51	9.11	8.93	8.58	8.31	8.05	7.92	7.64	7.49	7.22	7.08
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	50.82	通過タイム (sec)	5.97	9.83	13.86	17.97	22.19	26.53	30.85	35.35	40.06	44.99	50.82
			区間タイム (sec)	5.97	3.86	4.03	4.11	4.22	4.34	4.32	4.50	4.71	4.93	5.83
			区間速度 (m/s)	7.54	9.07	8.68	8.52	8.29	8.06	8.10	7.78	7.43	7.10	6.86
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	

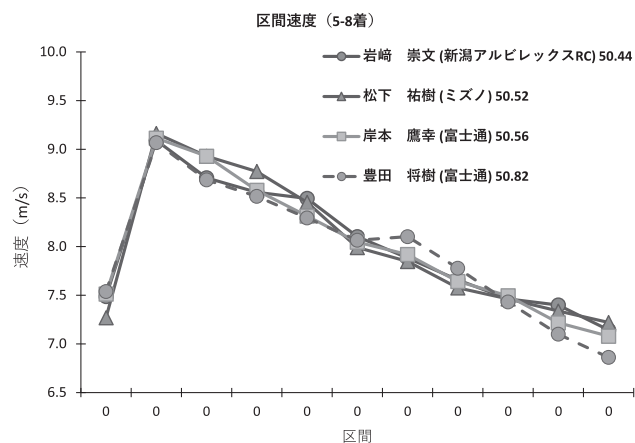
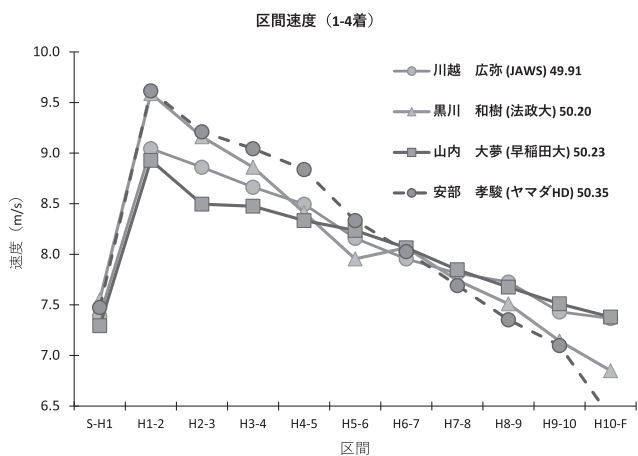


図1 区間速度の変化 (静岡国際 男子400mH)

表3 2021.05.09 READY STEADY TOKYO 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
黒川 和樹	(法政大)	48.68 PB	通過タイム (sec)	5.77	9.36	13.06	16.92	20.97	25.23	29.40	33.80	38.36	43.14	48.68
			区間タイム (sec)	5.77	3.59	3.70	3.86	4.05	4.26	4.17	4.40	4.56	4.78	5.54
			区間速度 (m/s)	7.80	9.75	9.46	9.07	8.64	8.22	8.39	7.95	7.68	7.32	7.22
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山内 大夢	(早稲田大)	48.84 PB	通過タイム (sec)	6.01	9.91	13.90	17.90	21.99	26.16	30.30	34.68	39.14	43.68	48.84
			区間タイム (sec)	6.01	3.90	3.99	4.00	4.09	4.17	4.14	4.38	4.46	4.54	5.16
			区間速度 (m/s)	7.49	8.97	8.77	8.75	8.56	8.39	8.45	7.99	7.85	7.71	7.75
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	48.87 PB	通過タイム (sec)	5.92	9.74	13.66	17.75	21.82	26.03	30.31	34.67	39.14	43.69	48.87
			区間タイム (sec)	5.92	3.82	3.92	4.09	4.07	4.21	4.28	4.36	4.47	4.55	5.18
			区間速度 (m/s)	7.60	9.16	8.93	8.56	8.60	8.31	8.18	8.03	7.83	7.69	7.72
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
安部 孝駿	(ヤマダHD)	49.45	通過タイム (sec)	5.96	9.61	13.36	17.25	21.25	25.48	29.96	34.47	39.14	43.94	49.45
			区間タイム (sec)	5.96	3.65	3.75	3.89	4.00	4.23	4.48	4.51	4.67	4.80	5.51
			区間速度 (m/s)	7.55	9.59	9.33	9.00	8.75	8.27	7.81	7.76	7.49	7.29	7.26
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
岩崎 崇文	(新潟アルビレックスRC)	49.64 PB	通過タイム (sec)	5.99	9.81	13.73	17.77	21.92	26.26	30.68	35.14	39.72	44.34	49.64
			区間タイム (sec)	5.99	3.82	3.92	4.04	4.15	4.34	4.42	4.46	4.58	4.62	5.30
			区間速度 (m/s)	7.51	9.16	8.93	8.66	8.43	8.06	7.92	7.85	7.64	7.58	7.55
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	49.76 PB	通過タイム (sec)	5.96	9.79	13.75	17.75	21.86	26.16	30.50	35.04	39.62	44.29	49.76
			区間タイム (sec)	5.96	3.83	3.96	4.00	4.11	4.30	4.34	4.54	4.58	4.67	5.47
			区間速度 (m/s)	7.55	9.14	8.84	8.75	8.52	8.14	8.06	7.71	7.64	7.49	7.31
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	49.88 SB	通過タイム (sec)	5.97	9.71	13.56	17.47	21.59	25.93	30.41	34.97	39.62	44.31	49.88
			区間タイム (sec)	5.97	3.74	3.85	3.91	4.12	4.34	4.48	4.56	4.65	4.69	5.57
			区間速度 (m/s)	7.54	9.36	9.09	8.95	8.50	8.06	7.81	7.68	7.53	7.46	7.18
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
杉町 マハウ	(日本ウェルネス職)	50.11 SB	通過タイム (sec)	6.09	9.86	13.76	17.82	21.99	26.38	30.78	35.29	39.87	44.64	50.11
			区間タイム (sec)	6.09	3.77	3.90	4.06	4.17	4.39	4.40	4.51	4.58	4.77	5.47
			区間速度 (m/s)	7.39	9.28	8.97	8.62	8.39	7.97	7.95	7.76	7.64	7.34	7.31
			歩数		13	13	13	13	13	13	13	13	14	
Chieh CHEN	(チャイニーズタイペイ)	52.08	通過タイム (sec)	6.17	10.16	14.18	18.34	22.62	27.14	31.78	36.57	41.44	46.43	52.08
			区間タイム (sec)	6.17	3.99	4.02	4.16	4.28	4.52	4.64	4.79	4.87	4.99	5.65
			区間速度 (m/s)	7.29	8.77	8.71	8.41	8.18	7.74	7.54	7.31	7.19	7.01	7.08
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	

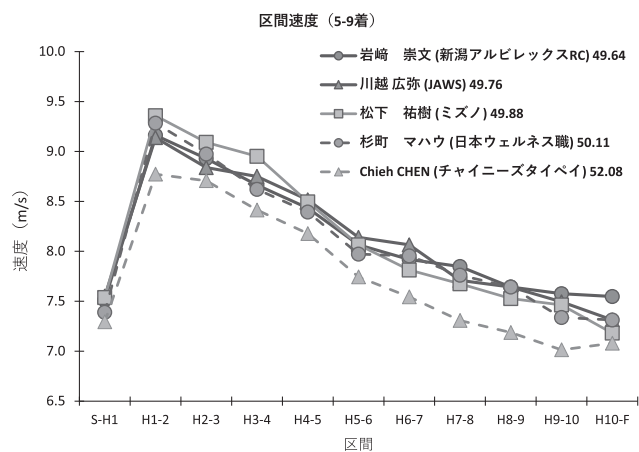
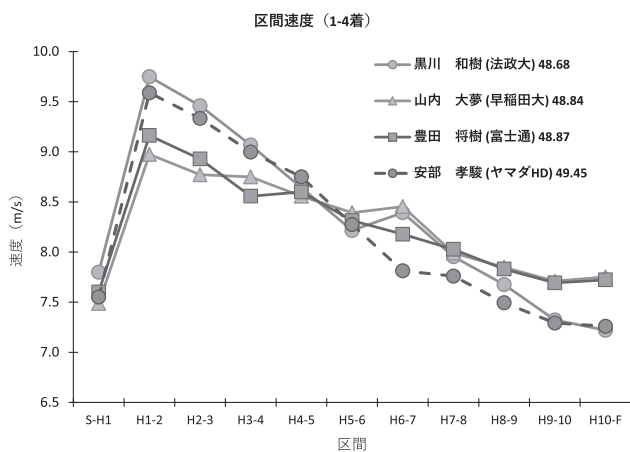


図2 区間速度の変化 (READY STEADY TOKYO 男子 400mH 決勝)



表4 2021.06.01 第8回木南道孝記念陸上競技大会 男子400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
井上 駆	(東京海上日動CS)	49.80	通過タイム (sec)	6.04	9.76	13.61	17.52	21.55	25.73	30.08	34.58	39.27	44.18	49.80
			区間タイム (sec)	6.04	3.72	3.85	3.91	4.03	4.18	4.35	4.50	4.69	4.91	5.62
			区間速度 (m/s)	7.45	9.41	9.09	8.95	8.68	8.37	8.05	7.78	7.46	7.13	7.12
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	49.94	通過タイム (sec)	6.14	10.09	14.13	18.28	22.49	26.76	31.01	35.42	40.02	44.69	49.94
			区間タイム (sec)	6.14	3.95	4.04	4.15	4.21	4.27	4.25	4.41	4.60	4.67	5.25
			区間速度 (m/s)	7.33	8.86	8.66	8.43	8.31	8.20	8.24	7.94	7.61	7.49	7.62
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
岸本 鷹幸	(富士通)	49.97	通過タイム (sec)	6.01	9.79	13.66	17.62	21.67	25.99	30.25	34.73	39.55	44.44	49.97
			区間タイム (sec)	6.01	3.78	3.87	3.96	4.05	4.32	4.26	4.48	4.82	4.89	5.53
			区間速度 (m/s)	7.49	9.26	9.04	8.84	8.64	8.10	8.22	7.81	7.26	7.16	7.23
			歩数		13	13	13	13	14	14	14	15	15	
山本 竜大	(日本大)	49.99	通過タイム (sec)	6.09	10.03	14.03	17.95	22.04	26.31	30.65	35.04	39.62	44.44	49.99
			区間タイム (sec)	6.09	3.94	4.00	3.92	4.09	4.27	4.34	4.39	4.58	4.82	5.55
			区間速度 (m/s)	7.39	8.88	8.75	8.93	8.56	8.20	8.06	7.97	7.64	7.26	7.21
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
鍛冶木 峻	(住友電工)	50.16	通過タイム (sec)	6.04	9.79	13.61	17.60	21.64	25.88	30.35	34.90	39.69	44.58	50.16
			区間タイム (sec)	6.04	3.75	3.82	3.99	4.04	4.24	4.47	4.55	4.79	4.89	5.58
			区間速度 (m/s)	7.45	9.33	9.16	8.77	8.66	8.25	7.83	7.69	7.31	7.16	7.17
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
山本 諒	(鶴学園クラブ)	50.45	通過タイム (sec)	6.24	10.16	14.10	18.17	22.37	26.73	31.11	35.59	40.21	44.94	50.45
			区間タイム (sec)	6.24	3.92	3.94	4.07	4.20	4.36	4.38	4.48	4.62	4.73	5.51
			区間速度 (m/s)	7.21	8.93	8.88	8.60	8.33	8.03	7.99	7.81	7.58	7.40	7.26
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
野澤 啓佑	(ミズノ)	50.56	通過タイム (sec)	6.29	10.16	14.20	18.28	22.51	26.73	31.10	35.60	40.24	45.03	50.56
			区間タイム (sec)	6.29	3.87	4.04	4.08	4.23	4.22	4.37	4.50	4.64	4.79	5.53
			区間速度 (m/s)	7.15	9.04	8.66	8.58	8.27	8.29	8.01	7.78	7.54	7.31	7.23
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	50.61	通過タイム (sec)	6.21	10.14	14.11	18.17	22.36	26.63	31.06	35.59	40.29	45.10	50.61
			区間タイム (sec)	6.21	3.93	3.97	4.06	4.19	4.27	4.43	4.53	4.70	4.81	5.51
			区間速度 (m/s)	7.25	8.91	8.82	8.62	8.35	8.20	7.90	7.73	7.45	7.28	7.26
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	

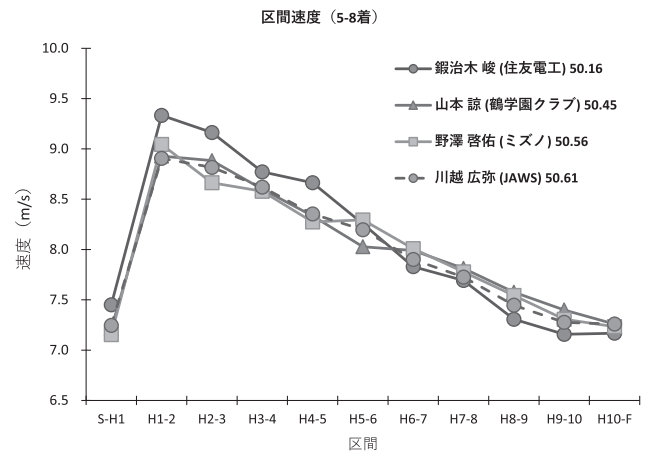
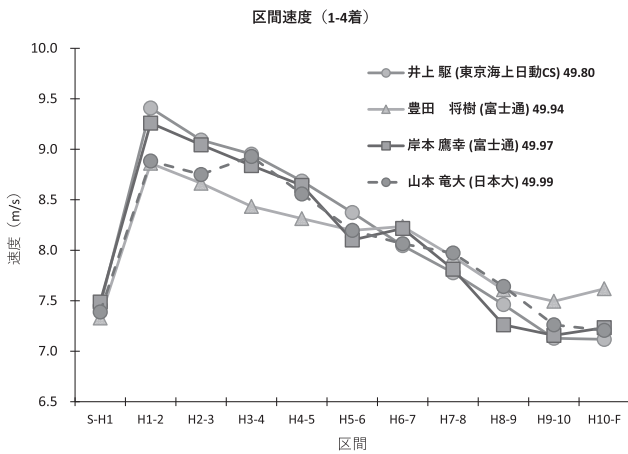


図3 区間速度の変化 (木南記念陸上 男子400mH)

表5 2021.06.06 デンカアスレチックチャレンジカップ2021 男子400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
岸本 鷹幸	(富士通)	49.38	通過タイム (sec)	5.96	9.79	13.66	17.67	21.76	25.93	30.18	34.70	39.27	43.98	49.38
			区間タイム (sec)	5.96	3.83	3.87	4.01	4.09	4.17	4.25	4.52	4.57	4.71	5.40
			区間速度 (m/s)	7.55	9.14	9.04	8.73	8.56	8.39	8.24	7.74	7.66	7.43	7.41
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山本 竜大	(日本大)	49.70	通過タイム (sec)	6.09	9.98	13.88	17.88	21.94	26.06	30.40	34.82	39.44	44.23	49.70
			区間タイム (sec)	6.09	3.89	3.90	4.00	4.06	4.12	4.34	4.42	4.62	4.79	5.47
			区間速度 (m/s)	7.39	9.00	8.97	8.75	8.62	8.50	8.06	7.92	7.58	7.31	7.31
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	
岩崎 崇文	(新潟アルビレックスRC)	49.73	通過タイム (sec)	6.06	9.91	13.91	17.97	22.15	26.41	30.76	35.19	39.77	44.43	49.73
			区間タイム (sec)	6.06	3.85	4.00	4.06	4.18	4.26	4.35	4.43	4.58	4.66	5.30
			区間速度 (m/s)	7.43	9.09	8.75	8.62	8.37	8.22	8.05	7.90	7.64	7.51	7.55
			歩数		14	14	14	4	14	15	15	15	15	
簡江 海斗	(福岡陸協)	49.98	通過タイム (sec)	6.02	9.74	13.56	17.43	21.54	25.78	30.16	34.68	39.37	44.26	49.98
			区間タイム (sec)	6.02	3.72	3.82	3.87	4.11	4.24	4.38	4.52	4.69	4.89	5.72
			区間速度 (m/s)	7.48	9.41	9.16	9.04	8.52	8.25	7.99	7.74	7.46	7.16	6.99
			歩数		13	13	13	14	14	14	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	50.11	通過タイム (sec)	6.09	10.03	14.03	18.07	22.19	26.51	30.88	35.35	39.97	44.68	50.11
			区間タイム (sec)	6.09	3.94	4.00	4.04	4.12	4.32	4.37	4.47	4.62	4.71	5.43
			区間速度 (m/s)	7.39	8.88	8.75	8.66	8.50	8.10	8.01	7.83	7.58	7.43	7.37
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
松下 祐樹	(ミズノ)	50.31	通過タイム (sec)	6.16	9.99	13.96	17.97	22.12	26.53	31.01	35.62	40.26	44.94	50.31
			区間タイム (sec)	6.16	3.83	3.97	4.01	4.15	4.41	4.48	4.61	4.64	4.68	5.37
			区間速度 (m/s)	7.31	9.14	8.82	8.73	8.43	7.94	7.81	7.59	7.54	7.48	7.45
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
鍛冶木 峻	(住友電工)	50.33	通過タイム (sec)	5.99	9.71	13.48	17.38	21.45	25.76	30.25	34.97	39.76	44.73	50.33
			区間タイム (sec)	5.99	3.72	3.77	3.90	4.07	4.31	4.49	4.72	4.79	4.97	5.60
			区間速度 (m/s)	7.51	9.41	9.28	8.97	8.60	8.12	7.80	7.42	7.31	7.04	7.14
			歩数		13	13	13	14	14	14	15	15	15	
山田 淳史	(山口FG)	50.33	通過タイム (sec)	5.96	9.78	13.66	17.65	21.79	26.13	30.58	35.19	39.92	44.81	50.33
			区間タイム (sec)	5.96	3.82	3.88	3.99	4.14	4.34	4.45	4.61	4.73	4.89	5.52
			区間速度 (m/s)	7.55	9.16	9.02	8.77	8.45	8.06	7.87	7.59	7.40	7.16	7.25
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	

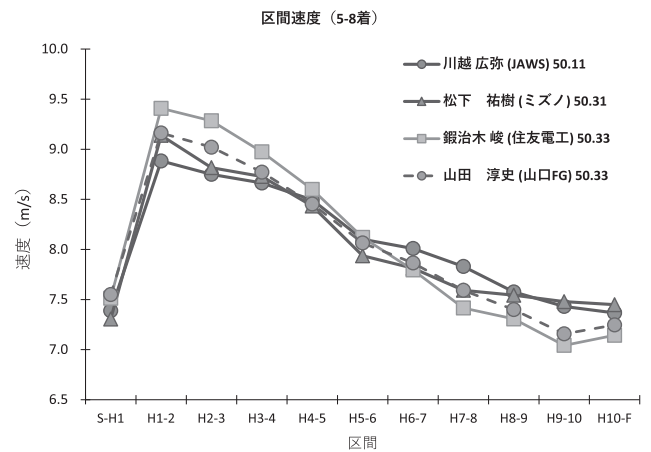
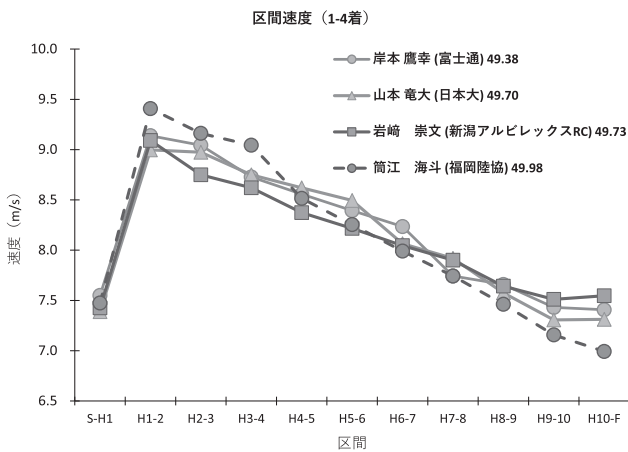


図4 区間速度の変化 (デンカカップ男子400mH)

表 6 2021.06.26 第105回日本陸上競技選手権大会 男子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
黒川 和樹	(法政大)	48.69	通過タイム (sec)	5.83	9.43	13.10	16.87	20.79	24.94	29.21	33.61	38.26	43.10	48.69
			区間タイム (sec)	5.83	3.60	3.67	3.77	3.92	4.15	4.27	4.40	4.65	4.84	5.59
			区間速度 (m/s)	7.72	9.72	9.54	9.28	8.93	8.43	8.20	7.95	7.53	7.23	7.16
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
安部 孝駿	(ヤマダHD)	48.87	通過タイム (sec)	5.93	9.57	13.36	17.15	21.02	25.04	29.33	33.77	38.40	43.21	48.87
			区間タイム (sec)	5.93	3.64	3.79	3.79	3.87	4.02	4.29	4.44	4.63	4.81	5.66
			区間速度 (m/s)	7.59	9.62	9.23	9.23	9.04	8.71	8.16	7.88	7.56	7.28	7.07
			歩数		13	13	13	13	13	14	14	15	15	
岸本 鷹幸	(富士通)	49.29	通過タイム (sec)	5.92	9.71	13.61	17.63	21.72	25.93	30.23	34.70	39.20	43.88	49.29
			区間タイム (sec)	5.92	3.79	3.90	4.02	4.09	4.21	4.30	4.47	4.50	4.68	5.41
			区間速度 (m/s)	7.60	9.23	8.97	8.71	8.56	8.31	8.14	7.83	7.78	7.48	7.39
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
山内 大夢	(早稲田大)	49.48	通過タイム (sec)	6.09	10.01	13.95	17.93	21.97	26.08	30.28	34.67	39.24	43.96	49.48
			区間タイム (sec)	6.09	3.92	3.94	3.98	4.04	4.11	4.20	4.39	4.57	4.72	5.52
			区間速度 (m/s)	7.39	8.93	8.88	8.79	8.66	8.52	8.33	7.97	7.66	7.42	7.25
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	15	
豊田 将樹	(富士通)	49.89	通過タイム (sec)	6.01	9.81	13.63	17.60	21.60	25.73	29.96	34.48	39.17	44.11	49.89
			区間タイム (sec)	6.01	3.80	3.82	3.97	4.00	4.13	4.23	4.52	4.69	4.94	5.78
			区間速度 (m/s)	7.49	9.21	9.16	8.82	8.75	8.47	8.27	7.74	7.46	7.09	6.92
			歩数		14	14	14	14	14	14	15	15	16	
筒江 海斗	(ｽｰﾌﾟｱｯｸ/和広)	50.69	通過タイム (sec)	6.04	9.84	13.73	17.68	21.81	26.11	30.41	35.00	39.77	44.83	50.69
			区間タイム (sec)	6.04	3.80	3.89	3.95	4.13	4.30	4.30	4.59	4.77	5.06	5.86
			区間速度 (m/s)	7.45	9.21	9.00	8.86	8.47	8.14	8.14	7.63	7.34	6.92	6.83
			歩数		13	13	13	14	14	14	15	15	15	
川越 広弥	(JAWS)	50.71	通過タイム (sec)	6.06	9.93	13.96	18.05	22.26	26.64	31.16	35.82	40.57	45.40	50.71
			区間タイム (sec)	6.06	3.87	4.03	4.09	4.21	4.38	4.52	4.66	4.75	4.83	5.31
			区間速度 (m/s)	7.43	9.04	8.68	8.56	8.31	7.99	7.74	7.51	7.37	7.25	7.53
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
山本 竜大	(日本大)	51.32	通過タイム (sec)	5.97	9.68	13.41	17.25	21.25	25.48	29.90	34.42	39.17	44.39	51.32
			区間タイム (sec)	5.97	3.71	3.73	3.84	4.00	4.23	4.42	4.52	4.75	5.22	6.93
			区間速度 (m/s)	7.54	9.43	9.38	9.11	8.75	8.27	7.92	7.74	7.37	6.70	5.77
			歩数		14	14	14	14	14	15	15	15	15	

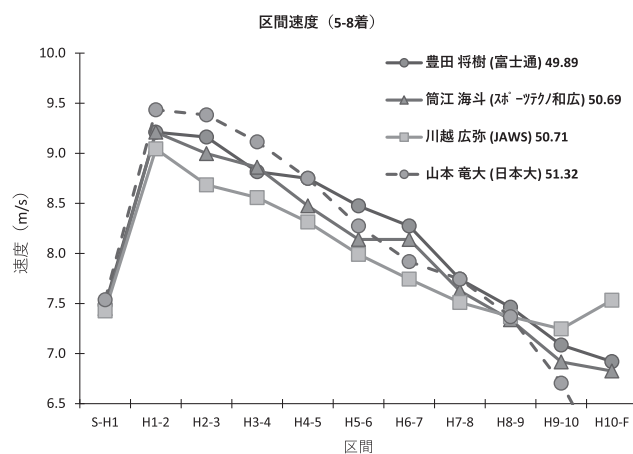
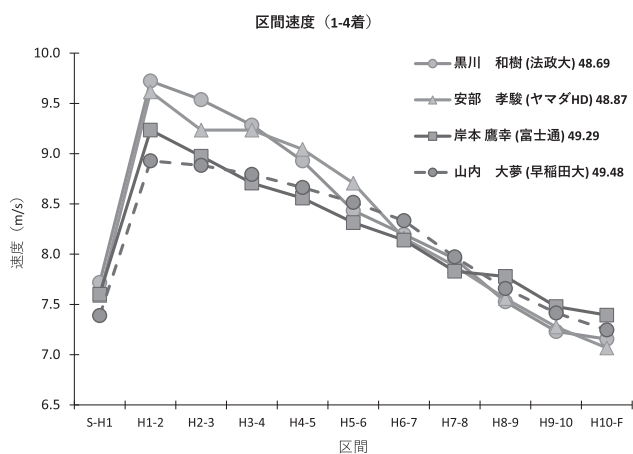


図 5 区間速度の変化 (木南記念 男子 400mH 決勝)

表7 2021.06.26 第37回U20日本陸上競技選手権大会 男子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
大村 東輝	(九州共立大)	50.27 PB	通過タイム (sec)	6.29	10.18	14.15	18.18	22.39	26.68	31.08	35.62	40.24	44.93	50.27
			区間タイム (sec)	6.29	3.89	3.97	4.03	4.21	4.29	4.40	4.54	4.62	4.69	5.34
			区間速度 (m/s)	7.15	9.00	8.82	8.68	8.31	8.16	7.95	7.71	7.58	7.46	7.49
			歩数		13	13	13	13	14	14	15	15	15	
中島 陽基	(東福岡高)	50.53 PB	通過タイム (sec)	6.17	10.16	14.18	18.30	22.48	26.78	31.16	35.62	40.34	45.08	50.53
			区間タイム (sec)	6.17	3.99	4.02	4.12	4.18	4.30	4.38	4.46	4.72	4.74	5.45
			区間速度 (m/s)	7.29	8.77	8.71	8.50	8.37	8.14	7.99	7.85	7.42	7.38	7.34
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	15	
深町 飛太	(城西大)	50.73 PB	通過タイム (sec)	6.22	10.19	14.10	18.10	22.19	26.43	30.81	35.39	40.14	45.03	50.73
			区間タイム (sec)	6.22	3.97	3.91	4.00	4.09	4.24	4.38	4.58	4.75	4.89	5.70
			区間速度 (m/s)	7.23	8.82	8.95	8.75	8.56	8.25	7.99	7.64	7.37	7.16	7.02
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	16	16	
菅野 航平	(筑波大)	50.88	通過タイム (sec)	6.46	10.51	14.60	18.67	22.84	27.08	31.38	35.77	40.37	45.31	50.88
			区間タイム (sec)	6.46	4.05	4.09	4.07	4.17	4.24	4.30	4.39	4.60	4.94	5.57
			区間速度 (m/s)	6.97	8.64	8.56	8.60	8.39	8.25	8.14	7.97	7.61	7.09	7.18
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	17	
内藤 源一郎	(大阪教育大)	51.70	通過タイム (sec)	6.27	10.24	14.21	18.30	22.54	26.96	31.53	36.17	40.96	45.98	51.70
			区間タイム (sec)	6.27	3.97	3.97	4.09	4.24	4.42	4.57	4.64	4.79	5.02	5.72
			区間速度 (m/s)	7.18	8.82	8.82	8.56	8.25	7.92	7.66	7.54	7.31	6.97	6.99
			歩数		14	14	14	14	15	15	15	15	15	
鈴木 大河	(日本大)	51.95	通過タイム (sec)	6.12	10.03	13.95	17.93	22.02	26.28	30.71	35.35	40.37	45.66	51.95
			区間タイム (sec)	6.12	3.91	3.92	3.98	4.09	4.26	4.43	4.64	5.02	5.29	6.29
			区間速度 (m/s)	7.35	8.95	8.93	8.79	8.56	8.22	7.90	7.54	6.97	6.62	6.36
			歩数		14	14	14	15	15	15	15	16	16	
殿山 凌平	(旭川大学高)	52.55	通過タイム (sec)	6.26	10.23	14.25	18.45	22.77	27.28	31.90	36.65	41.47	46.61	52.55
			区間タイム (sec)	6.26	3.97	4.02	4.20	4.32	4.51	4.62	4.75	4.82	5.14	5.94
			区間速度 (m/s)	7.19	8.82	8.71	8.33	8.10	7.76	7.58	7.37	7.26	6.81	6.73
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	17	
織田 篤也	(近大附高)	52.76	通過タイム (sec)	6.31	10.26	14.23	18.28	22.57	27.08	31.72	36.55	41.57	46.91	52.76
			区間タイム (sec)	6.31	3.95	3.97	4.05	4.29	4.51	4.64	4.83	5.02	5.34	5.85
			区間速度 (m/s)	7.13	8.86	8.82	8.64	8.16	7.76	7.54	7.25	6.97	6.55	6.84
			歩数		15	15	15	15	15	15	15	15	17	

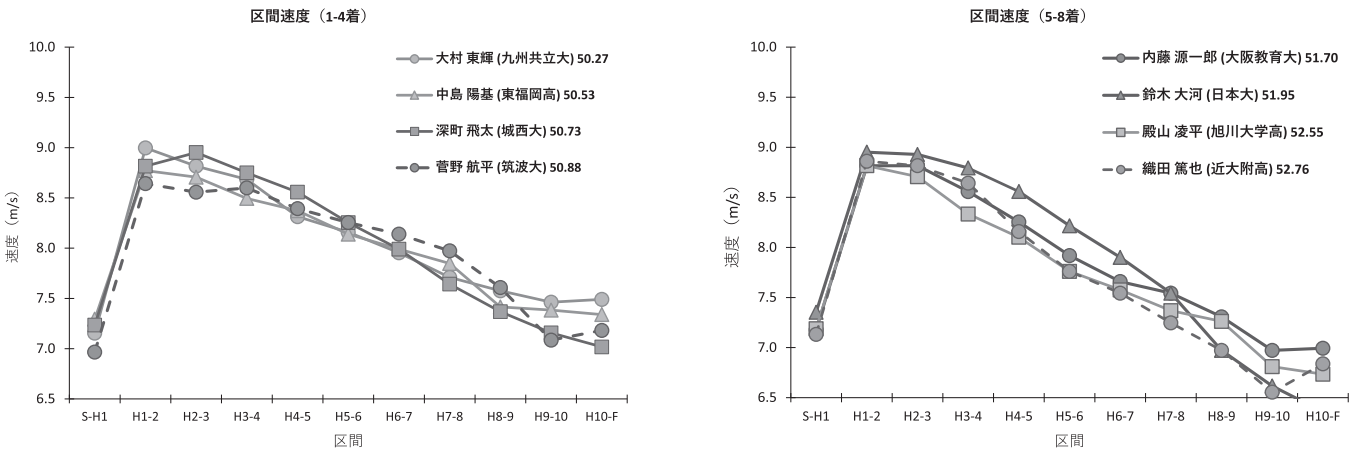


図6 区間速度の変化 (U20日本選手権 男子400mH 決勝)

表 8 対象競技会における男子 400mH 上位 4 選手のペース配分指標

選手名	レース記録 (sec)	大会名	区間速度 (m/s)			速度低下率 (%)		レース記録に占める割合 (%)		
			前半	中盤	後半	前半～中盤	中盤～後半	前半	中盤	後半
黒川 和樹	48.68	READY STEADY TOKYO	8.82	8.18	7.39	7.2	9.7	43.1	26.4	30.6
山内 大夢	48.84	READY STEADY TOKYO	8.41	8.27	7.77	1.6	6.1	45.0	26.0	29.0
豊田 将樹	48.87	READY STEADY TOKYO	8.48	8.17	7.75	3.6	5.2	44.6	26.3	29.1
安部 孝駿	48.87	日本選手権	8.80	8.24	7.28	6.4	11.5	43.0	26.1	30.9
為末 大	47.89	世界陸上 (2001)	8.83	8.41	7.60	4.8	9.6	43.7	26.1	30.2

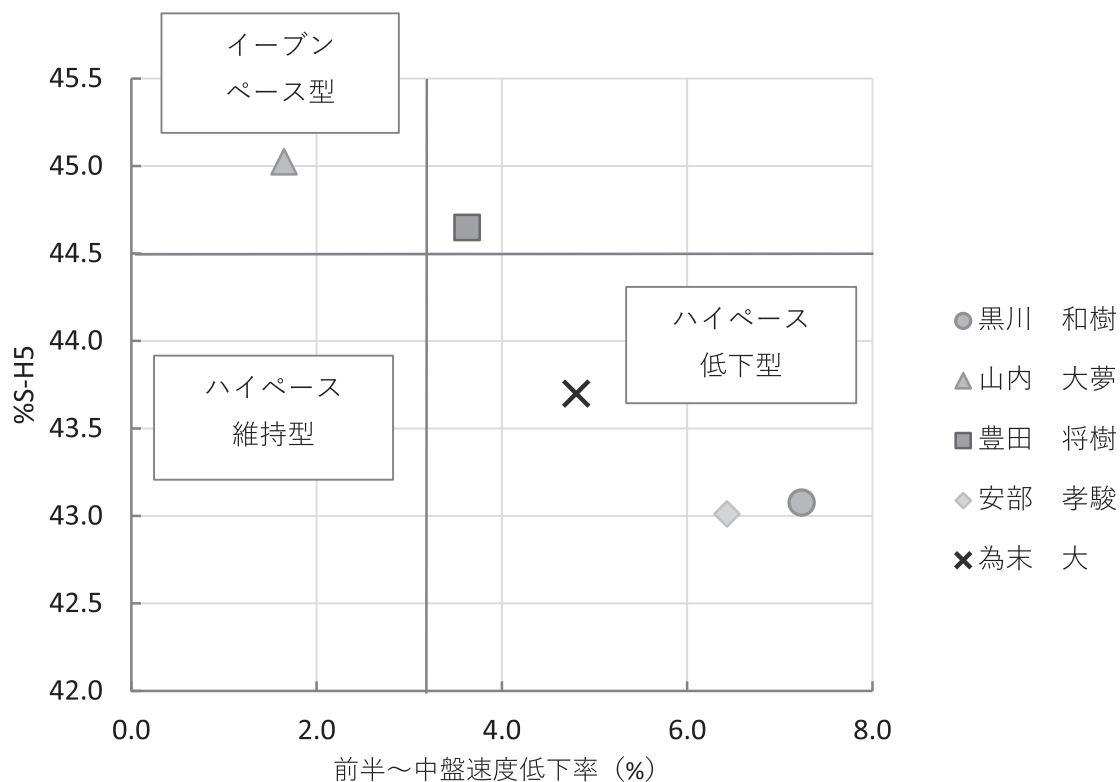


図 7 男子 400mH における H8 までのペース配分による類型化



表9 対象競技会における女子 400m ハードル決勝の平均記録

No.	日付	大会名	記録 (sec)	
			平均	( 最小値 — 最大値 )
1	5月3日	第36回静岡国際陸上競技大会	58.96	( 57.33 — 1:00.52 )
2	5月9日	READY STEADY TOKYO	58.87	( 56.50 — 1:01.41 )
3	6月1日	第8回木南道孝記念陸上競技大会	58.51	( 57.56 — 58.93 )
4	6月6日	デンカアスレチックチャレンジカップ2021	58.66	( 57.03 — 59.45 )
5	6月27日	第105回日本陸上競技選手権大会	58.69	( 57.30 — 1:00.42 )
6	6月27日	第37回U20日本陸上競技選手権大会	1:00.25	( 58.97 — 1:01.44 )

### 3-2. 女子 400mH

各競技会の決勝における記録の平均、最小値および最大値を表9に示した。最も平均記録が良かった(小さかった)競技会は、第8回木南道孝記念陸上競技大会(58.51秒)で、最も良い記録(最小値)は、READY STEADY TOKYOで宇都宮絵莉選手(長谷川体育施設)がマークした56.50秒であった。

表10から表15に通過タイム、区間タイム、区間速度および各区間の歩数の分析結果を示した。各競技会における区間速度の変化を図8から図13に示した。概ねどの選手も区間速度がS-H1、H1-2と大きくなり、H1-2において最高区間速度が出現した。最高区間速度が出現した後、速度は低下しながらフィニッシュするように変化するが、U20日本選手権においてはH10-F区間が1つ前の区間より速度が大きくなる傾向がみられた。ハードル間の歩数は、15～21歩であった。

表16は、分析対象競技会におけるレース記録上位4名(56.50～57.76秒)のペース配分の指標(前半、中盤および後半速度、疾走速度低下率、前半、中盤および後半の区間タイムが記録に占める割合)を示した。この表には、宇都宮選手の昨シーズンのレース(日本選手権)と久保倉里美氏の日本記録(55.34秒)のレース分析結果も示した。この結果から宇都宮選手は、昨シーズン(7.43m/s)に比べ前半の区間速度が大きく(7.65m/s)、その速度は久保倉氏のそれ(7.51m/s)よりも大きかった。中盤および後半の区間速度は昨シーズンと同程度であったため、前半～中盤の速度低下率が2桁と大きかった。表16に示した競技者の分析結果から、H8までのペース配分によるレースパターンの類型化(森丘ほか、2007)を作図した(図14)。男子同様に%前半を44.5%で、前半～中盤速度低下率を4%で区切り分類すると(杉本ほか、2020b)、全ての選手がハイペース低下型に分類された。その中でも今シーズンの宇都宮選手は、レース前半に占める割合が低く、

前半から中盤にかけての速度低下率が大きかった。表17に宇都宮選手の日本記録更新を展望した各区間タイム(速度)およびペース配分の指標を示した。宇都宮選手が昨シーズンよりレース前半の区間速度を大きくして記録が向上したことから課題を中盤以降とし、前半区間タイム(速度)が今シーズンと同じであると仮定し作成した。そのため、日本記録との差(1.16秒)を中盤から後半で埋める必要がる。そこで、前半から中盤の速度低下率を7.0%と今シーズン(10.0%)より小さくした。今シーズンでの区間タイムは中盤で15.25秒、後半で17.08秒であったことから、中盤で0.49秒、後半で0.72秒を縮めることになる。あくまでも今回得られたデータから日本記録更新を男子と同じ指標で展望したものである。レースパターンは、競技者の体力特性に影響を受けることが報告されていることから(荻部ら、1999)、女子競技者の体力特性を考慮したレースパターンの類型方法を検討すること、さらに競技者本人のレース中の努力度等を考慮して検討することが求められる。

## 4. 引用、参考文献

- 荻部俊二, 尾懸貢, 安井年文, 山崎一彦, 関岡康雄 (1999) 国内トップ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.
- 宮下憲 (1991) 最新陸上競技入門シリーズ4 ハードル, ベースボールマガジン社: 東京.
- 森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文, 岡田英孝, 阿江通良, 小林寛道 (2000) 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: 414-421.
- 森丘保典, 榎本靖士, 杉田正明, 松尾彰文, 阿江通良, 小林寛道 (2005) 陸上競技400mハードル走

表 10 2021.05.03 第36回静岡国際陸上 女子 400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
関本 萌香	(早稲田大)	57.33	通過タイム (sec)	6.71	11.08	15.58	20.10	24.76	29.56	34.42	39.44	44.73	50.34	57.33
			区間タイム (sec)	6.71	4.37	4.50	4.52	4.66	4.80	4.86	5.02	5.29	5.61	6.99
			区間速度 (m/s)	6.71	8.01	7.78	7.74	7.51	7.29	7.20	6.97	6.62	6.24	5.72
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	57.57	通過タイム (sec)	6.56	10.86	15.35	19.84	24.47	29.48	34.55	39.89	45.28	50.98	57.57
			区間タイム (sec)	6.56	4.30	4.49	4.49	4.63	5.01	5.07	5.34	5.39	5.70	6.59
			区間速度 (m/s)	6.86	8.14	7.80	7.80	7.56	6.99	6.90	6.55	6.49	6.14	6.07
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
伊藤 明子	(セレスポ)	58.65	通過タイム (sec)	6.62	10.99	15.62	20.39	25.23	30.26	35.32	40.64	46.20	51.92	58.65
			区間タイム (sec)	6.62	4.37	4.63	4.77	4.84	5.03	5.06	5.32	5.56	5.72	6.73
			区間速度 (m/s)	6.80	8.01	7.56	7.34	7.23	6.96	6.92	6.58	6.29	6.12	5.94
			歩数		15	15	16	16	16	16	17	17	17	
川村 優佳	(早稲田大)	58.96	通過タイム (sec)	7.02	11.64	16.42	21.20	26.06	31.15	36.29	41.56	46.95	52.50	58.96
			区間タイム (sec)	7.02	4.62	4.78	4.78	4.86	5.09	5.14	5.27	5.39	5.55	6.46
			区間速度 (m/s)	6.41	7.58	7.32	7.32	7.20	6.88	6.81	6.64	6.49	6.31	6.19
			歩数		16	16	16	16	17	17	17	17	17	
大野 瑞奈	(山梨学院大)	59.21	通過タイム (sec)	6.79	11.44	16.22	21.05	26.09	31.15	36.30	41.57	46.98	52.57	59.21
			区間タイム (sec)	6.79	4.65	4.78	4.83	5.04	5.06	5.15	5.27	5.41	5.59	6.64
			区間速度 (m/s)	6.63	7.53	7.32	7.25	6.94	6.92	6.80	6.64	6.47	6.26	6.02
			歩数		16	16	16	16	16	17	17	17	17	
津波 愛樹	(福岡大)	59.62	通過タイム (sec)	6.76	11.41	16.17	20.92	25.83	30.73	35.89	41.14	46.70	52.60	59.62
			区間タイム (sec)	6.76	4.65	4.76	4.75	4.91	4.90	5.16	5.25	5.56	5.90	7.02
			区間速度 (m/s)	6.66	7.53	7.35	7.37	7.13	7.14	6.78	6.67	6.29	5.93	5.70
			歩数		17	17	17	17	17	18	18	18	18	
横田 華恋	(籠谷)	59.83	通過タイム (sec)	6.84	11.51	16.27	21.17	26.18	31.18	36.34	41.59	47.20	53.09	59.83
			区間タイム (sec)	6.84	4.67	4.76	4.90	5.01	5.00	5.16	5.25	5.61	5.89	6.74
			区間速度 (m/s)	6.58	7.49	7.35	7.14	6.99	7.00	6.78	6.67	6.24	5.94	5.93
			歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	17	
津川 瑠衣	(早稲田大)	1:00.52	通過タイム (sec)	7.07	11.81	16.72	21.62	26.71	31.80	36.97	42.23	47.60	53.27	1:00.52
			区間タイム (sec)	7.07	4.74	4.91	4.90	5.09	5.09	5.17	5.26	5.37	5.67	7.25
			区間速度 (m/s)	6.36	7.38	7.13	7.14	6.88	6.88	6.77	6.65	6.52	6.17	5.52
			歩数		17	17	17	17	17	17	17	17	18	

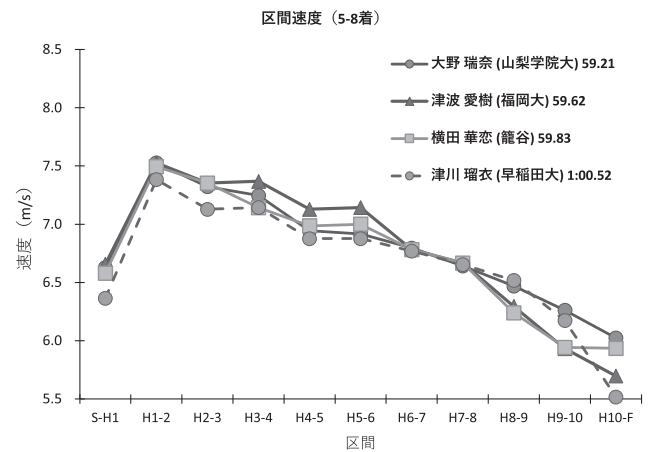
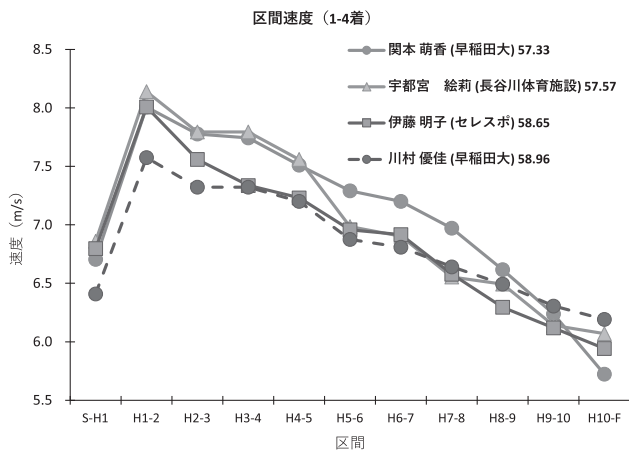


図 8 区間速度の変化 (静岡国際 女子 400mH)

表 11 2021.05.09 READY STEADY TOKYO 女子 400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設)	PB	56.50	通過タイム (sec)	6.52	10.78	15.13	19.60	24.17	29.11	34.20	39.42	44.69	50.12	56.50
			区間タイム (sec)	6.52	4.26	4.35	4.47	4.57	4.94	5.09	5.22	5.27	5.43	6.38
			区間速度 (m/s)	6.90	8.22	8.05	7.83	7.66	7.09	6.88	6.70	6.64	6.45	6.27
			歩数		15	15	15	15	16	16	17	17	17	
伊藤 明子 (セレスポ)	PB	57.76	通過タイム (sec)	6.57	10.91	15.45	20.12	24.94	29.98	35.04	40.31	45.70	51.17	57.76
			区間タイム (sec)	6.57	4.34	4.54	4.67	4.82	5.04	5.06	5.27	5.39	5.47	6.59
			区間速度 (m/s)	6.85	8.06	7.71	7.49	7.26	6.94	6.92	6.64	6.49	6.40	6.07
			歩数		15	15	15	16	18	17	17	17	18	
横田 華恋 (籠谷)	PB	58.00	通過タイム (sec)	6.74	11.26	15.88	20.66	25.56	30.48	35.54	40.71	45.98	51.50	58.00
			区間タイム (sec)	6.74	4.52	4.62	4.78	4.90	4.92	5.06	5.17	5.27	5.52	6.50
			区間速度 (m/s)	6.68	7.74	7.58	7.32	7.14	7.11	6.92	6.77	6.64	6.34	6.15
			歩数		16	16	17	17	17	17	17	17	17	17
大野 瑞奈 (山梨学院大)	PB	58.43	通過タイム (sec)	6.66	11.04	15.67	20.42	25.26	30.31	35.47	40.88	46.34	51.90	58.43
			区間タイム (sec)	6.66	4.38	4.63	4.75	4.84	5.05	5.16	5.41	5.46	5.56	6.53
			区間速度 (m/s)	6.76	7.99	7.56	7.37	7.23	6.93	6.78	6.47	6.41	6.29	6.13
			歩数		15	16	16	16	16	16	17	17	17	17
九鬼 友梨恵 (加藤建設)	PB	59.80	通過タイム (sec)	6.87	11.36	15.97	20.69	25.69	31.06	36.42	41.84	47.31	53.05	59.80
			区間タイム (sec)	6.87	4.49	4.61	4.72	5.00	5.37	5.36	5.42	5.47	5.74	6.75
			区間速度 (m/s)	6.55	7.80	7.59	7.42	7.00	6.52	6.53	6.46	6.40	6.10	5.93
			歩数		15	15	15	16	18	17	17	17	18	
中野 菜乃 (武庫川女子大)	PB	1:00.17	通過タイム (sec)	6.86	11.54	16.33	21.22	26.28	31.48	36.92	42.41	48.00	53.67	1:00.17
			区間タイム (sec)	6.86	4.68	4.79	4.89	5.06	5.20	5.44	5.49	5.59	5.67	6.50
			区間速度 (m/s)	6.56	7.48	7.31	7.16	6.92	6.73	6.43	6.38	6.26	6.17	6.15
			歩数		17	17	17	17	17	19	19	19	19	
水口 萌 (青山学院大)	PB	1:01.41	通過タイム (sec)	6.96	11.64	16.48	21.30	26.33	31.51	37.14	42.81	48.57	54.59	1:01.41
			区間タイム (sec)	6.96	4.68	4.84	4.82	5.03	5.18	5.63	5.67	5.76	6.02	6.82
			区間速度 (m/s)	6.47	7.48	7.23	7.26	6.96	6.76	6.22	6.17	6.08	5.81	5.87
			歩数		16	17	16	17	17	18	18	18	18	18

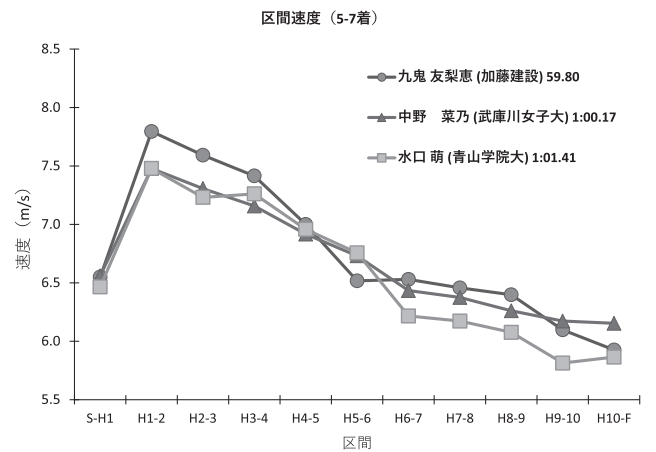
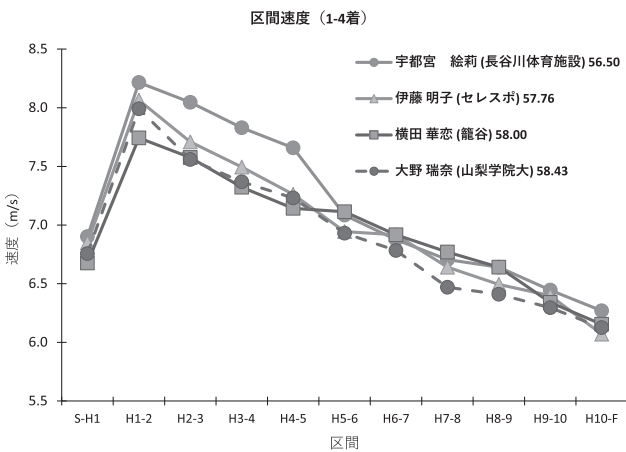


図 9 区間速度の変化 (READY STEADY TOKYO 女子 400mH 決勝)

表 12 2021.06.01 第 8 回木南道孝記念陸上競技大会 女子 400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設) 57.56		通過タイム (sec)		6.58	10.83	15.22	19.70	24.34	29.16	34.23	39.49	44.94	50.68	57.56
		区間タイム (sec)		6.58	4.25	4.39	4.48	4.64	4.82	5.07	5.26	5.45	5.74	6.88
		区間速度 (m/s)		6.84	8.24	7.97	7.81	7.54	7.26	6.90	6.65	6.42	6.10	5.81
		歩数			15	15	15	15	16	16	17	17	17	
イブラヒム 愛紗 (メイスンワーク) 58.01		通過タイム (sec)		6.82	11.11	15.48	20.05	24.84	29.76	34.82	40.01	45.52	51.29	58.01
		区間タイム (sec)		6.82	4.29	4.37	4.57	4.79	4.92	5.06	5.19	5.51	5.77	6.72
		区間速度 (m/s)		6.60	8.16	8.01	7.66	7.31	7.11	6.92	6.74	6.35	6.07	5.95
		歩数			15	15	15	15	15	15	15	16	16	
山本 亜美 (立命館大) 58.48		通過タイム (sec)		6.84	11.34	15.89	20.59	25.43	30.45	35.64	40.89	46.45	52.12	58.48
		区間タイム (sec)		6.84	4.50	4.55	4.70	4.84	5.02	5.19	5.25	5.56	5.67	6.36
		区間速度 (m/s)		6.58	7.78	7.69	7.45	7.23	6.97	6.74	6.67	6.29	6.17	6.29
		歩数			16	16	16	16	17	17	17	18	18	
横田 華恋 (籠谷) 58.71		通過タイム (sec)		6.69	11.21	15.87	20.67	25.56	30.63	35.82	41.09	46.50	52.15	58.71
		区間タイム (sec)		6.69	4.52	4.66	4.80	4.89	5.07	5.19	5.27	5.41	5.65	6.56
		区間速度 (m/s)		6.73	7.74	7.51	7.29	7.16	6.90	6.74	6.64	6.47	6.19	6.10
		歩数			16	16	16	17	17	17	17	17	17	
青木 穂花 (青山学院大) 58.77		通過タイム (sec)		6.76	11.19	15.75	20.42	25.31	30.38	35.69	41.22	46.78	52.47	58.77
		区間タイム (sec)		6.76	4.43	4.56	4.67	4.89	5.07	5.31	5.53	5.56	5.69	6.30
		区間速度 (m/s)		6.66	7.90	7.68	7.49	7.16	6.90	6.59	6.33	6.29	6.15	6.35
		歩数			16	16	17	17	18	18	18	18	18	
村上 夏美 (早稲田大) 58.79		通過タイム (sec)		6.91	11.31	15.85	20.64	25.51	30.55	35.77	41.11	46.58	52.30	58.79
		区間タイム (sec)		6.91	4.40	4.54	4.79	4.87	5.04	5.22	5.34	5.47	5.72	6.49
		区間速度 (m/s)		6.51	7.95	7.71	7.31	7.19	6.94	6.70	6.55	6.40	6.12	6.16
		歩数			15	15	16	16	17	17	17	17	17	
伊藤 明子 (セレスポ) 58.86		通過タイム (sec)		6.64	10.94	15.33	19.85	24.51	29.51	34.63	39.99	45.68	51.72	58.86
		区間タイム (sec)		6.64	4.30	4.39	4.52	4.66	5.00	5.12	5.36	5.69	6.04	7.14
		区間速度 (m/s)		6.78	8.14	7.97	7.74	7.51	7.00	6.84	6.53	6.15	5.79	5.60
		歩数			15	15	15	15	16	16	17	18	18	
津波 愛樹 (福岡大) 58.93		通過タイム (sec)		6.74	11.19	15.83	20.65	25.61	30.60	35.77	41.06	46.56	52.27	58.93
		区間タイム (sec)		6.74	4.45	4.64	4.82	4.96	4.99	5.17	5.29	5.50	5.71	6.66
		区間速度 (m/s)		6.68	7.87	7.54	7.26	7.06	7.01	6.77	6.62	6.36	6.13	6.01
		歩数			17	17	17	17	17	18	18	19	19	

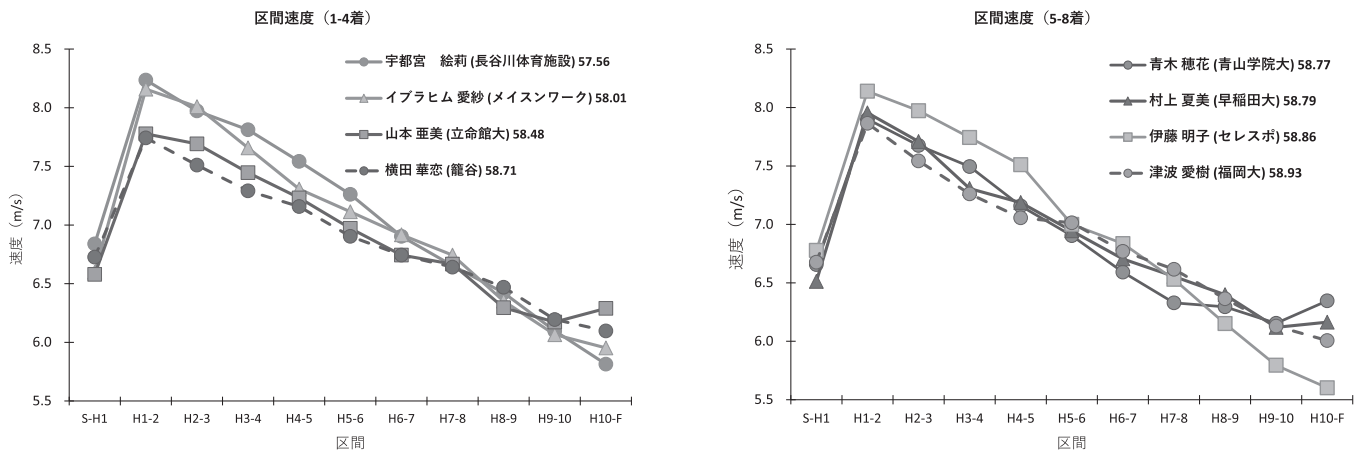


図 10 区間速度の変化 (木南記念陸上 女子 400mH)

表 13 2021.06.06 デンカアスレチックチャレンジカップ 2021 女子 400mH レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
宇都宮 絵莉 (長谷川体育施設)	57.03	通過タイム (sec)		6.51	10.78	15.10	19.54	24.22	29.06	34.08	39.37	44.79	50.43	57.03
		区間タイム (sec)		6.51	4.27	4.32	4.44	4.68	4.84	5.02	5.29	5.42	5.64	6.60
		区間速度 (m/s)		6.91	8.20	8.10	7.88	7.48	7.23	6.97	6.62	6.46	6.21	6.06
		歩数			15	15	15	15	16	16	17	17	17	
伊藤 明子 (セレスポ)	57.93	通過タイム (sec)		6.64	10.99	15.48	20.09	24.82	29.78	34.83	40.17	45.61	51.22	57.93
		区間タイム (sec)		6.64	4.35	4.49	4.61	4.73	4.96	5.05	5.34	5.44	5.61	6.71
		区間速度 (m/s)		6.78	8.05	7.80	7.59	7.40	7.06	6.93	6.55	6.43	6.24	5.96
		歩数			15	15	15	15	16	16	17	17	17	
横田 華恋 (龍谷)	58.37	通過タイム (sec)		6.81	11.39	16.05	20.85	25.83	30.80	35.87	41.11	46.53	52.05	58.37
		区間タイム (sec)		6.81	4.58	4.66	4.80	4.98	4.97	5.07	5.24	5.42	5.52	6.32
		区間速度 (m/s)		6.61	7.64	7.51	7.29	7.03	7.04	6.90	6.68	6.46	6.34	6.33
		歩数			16	16	16	17	17	17	17	17	17	
比嘉 和希 (富士山の銘水)	58.83	通過タイム (sec)		6.86	11.35	15.97	20.67	25.56	30.65	35.85	41.16	46.55	52.14	58.83
		区間タイム (sec)		6.86	4.49	4.62	4.70	4.89	5.09	5.20	5.31	5.39	5.59	6.69
		区間速度 (m/s)		6.56	7.80	7.58	7.45	7.16	6.88	6.73	6.59	6.49	6.26	5.98
		歩数			16	16	16	16	17	17	17	17	17	
齋藤 真佑 (七十七銀行)	58.99	通過タイム (sec)		6.40	10.66	15.02	19.69	24.57	29.65	35.00	40.49	46.20	52.20	58.99
		区間タイム (sec)		6.40	4.26	4.36	4.67	4.88	5.08	5.35	5.49	5.71	6.00	6.79
		区間速度 (m/s)		7.03	8.22	8.03	7.49	7.17	6.89	6.54	6.38	6.13	5.83	5.89
		歩数			16	16	17	17	17	18	18	19	19	
王子田 萌 (NDソフト)	59.09	通過タイム (sec)		6.89	11.51	16.20	20.92	25.78	30.78	35.94	41.24	46.78	52.45	59.09
		区間タイム (sec)		6.89	4.62	4.69	4.72	4.86	5.00	5.16	5.30	5.54	5.67	6.64
		区間速度 (m/s)		6.53	7.58	7.46	7.42	7.20	7.00	6.78	6.60	6.32	6.17	6.02
		歩数			16	16	16	16	16	17	17	17	17	
九鬼 友梨恵 (加藤建設)	59.42	通過タイム (sec)		6.86	11.26	15.82	20.47	25.44	30.48	35.84	41.34	47.01	52.92	59.42
		区間タイム (sec)		6.86	4.40	4.56	4.65	4.97	5.04	5.36	5.50	5.67	5.91	6.50
		区間速度 (m/s)		6.56	7.95	7.68	7.53	7.04	6.94	6.53	6.36	6.17	5.92	6.15
		歩数			15	15	15	16	16	17	17	17	18	
南澤 明音 (松本土建)	59.45	通過タイム (sec)		6.97	11.54	16.10	20.70	25.59	30.55	35.72	41.04	46.56	52.45	59.45
		区間タイム (sec)		6.97	4.57	4.56	4.60	4.89	4.96	5.17	5.32	5.52	5.89	7.00
		区間速度 (m/s)		6.46	7.66	7.68	7.61	7.16	7.06	6.77	6.58	6.34	5.94	5.71
		歩数			16	16	16	16	16	17	17	17	18	

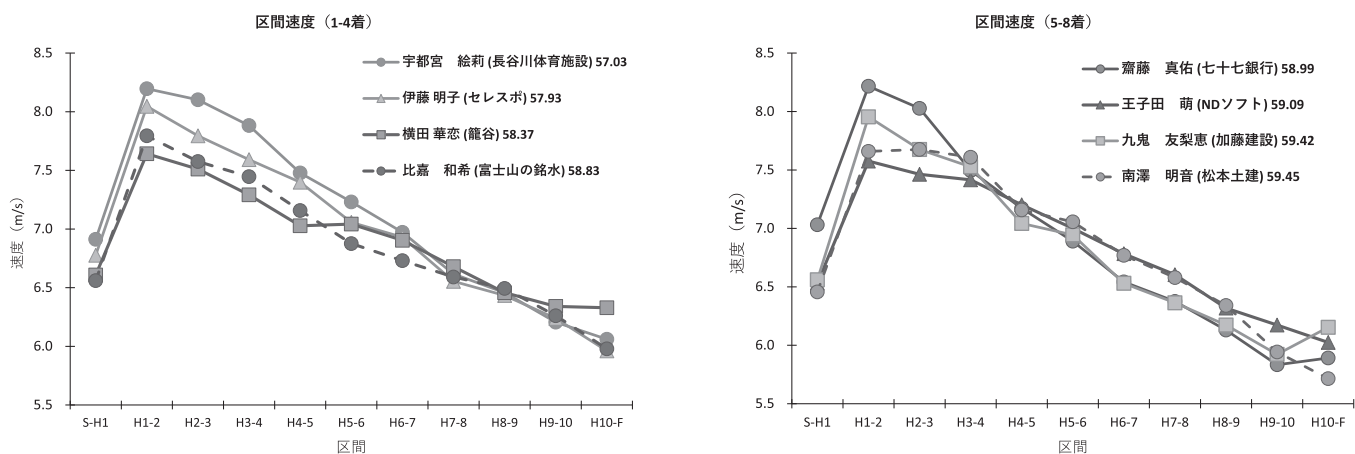


図 11 区間速度の変化 (デンカカップ 女子 400mH)



表 14 2021.06.27 第105回日本選手権 女子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F
山本 亜美	(立命館大)	57.30 PB	通過タイム (sec)	6.82	11.29	15.85	20.49	25.24	30.11	35.09	40.22	45.63	51.15	57.30
			区間タイム (sec)	6.82	4.47	4.56	4.64	4.75	4.87	4.98	5.13	5.41	5.52	6.15
			区間速度 (m/s)	6.60	7.83	7.68	7.54	7.37	7.19	7.03	6.82	6.47	6.34	6.50
			歩数	16	16	16	16	16	17	17	17	18	18	
宇都宮 絵莉	(長谷川体育施設)	57.83	通過タイム (sec)	6.57	10.84	15.23	19.77	24.37	29.28	34.38	39.66	45.20	50.97	57.83
			区間タイム (sec)	6.57	4.27	4.39	4.54	4.60	4.91	5.10	5.28	5.54	5.77	6.86
			区間速度 (m/s)	6.85	8.20	7.97	7.71	7.61	7.13	6.86	6.63	6.32	6.07	5.83
			歩数	15	15	15	15	15	16	16	17	17	17	
イブラヒム 愛紗	(メイスンワーク)	58.16	通過タイム (sec)	6.71	10.98	15.42	19.97	24.71	29.65	34.72	40.02	45.58	51.43	58.16
			区間タイム (sec)	6.71	4.27	4.44	4.55	4.74	4.94	5.07	5.30	5.56	5.85	6.73
			区間速度 (m/s)	6.71	8.20	7.88	7.69	7.38	7.09	6.90	6.60	6.29	5.98	5.94
			歩数	14	15	15	15	15	15	15	15	16	17	
伊藤 明子	(セレスポ)	58.76	通過タイム (sec)	6.59	10.96	15.57	20.35	25.31	30.31	35.44	40.76	46.33	52.07	58.76
			区間タイム (sec)	6.59	4.37	4.61	4.78	4.96	5.00	5.13	5.32	5.57	5.74	6.69
			区間速度 (m/s)	6.83	8.01	7.59	7.32	7.06	7.00	6.82	6.58	6.28	6.10	5.98
			歩数	15	15	16	16	16	16	16	17	17	17	
横田 華恋	(籠谷)	58.79	通過タイム (sec)	6.66	11.16	15.72	20.47	25.33	30.33	35.47	40.79	46.30	52.09	58.79
			区間タイム (sec)	6.66	4.50	4.56	4.75	4.86	5.00	5.14	5.32	5.51	5.79	6.70
			区間速度 (m/s)	6.76	7.78	7.68	7.37	7.20	7.00	6.81	6.58	6.35	6.04	5.97
			歩数	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	
青木 穂花	(青山学院大)	58.82	通過タイム (sec)	6.76	11.21	15.75	20.44	25.24	30.23	35.49	40.87	46.51	52.34	58.82
			区間タイム (sec)	6.76	4.45	4.54	4.69	4.80	4.99	5.26	5.38	5.64	5.83	6.48
			区間速度 (m/s)	6.66	7.87	7.71	7.46	7.29	7.01	6.65	6.51	6.21	6.00	6.17
			歩数	16	16	16	16	16	17	17	17	18	18	
津波 愛樹	(福岡大)	59.41	通過タイム (sec)	6.86	11.38	16.00	20.72	25.64	30.63	35.74	41.32	46.96	52.72	59.41
			区間タイム (sec)	6.86	4.52	4.62	4.72	4.92	4.99	5.11	5.58	5.64	5.76	6.69
			区間速度 (m/s)	6.56	7.74	7.58	7.42	7.11	7.01	6.85	6.27	6.21	6.08	5.98
			歩数	17	17	17	17	17	17	17	19	19	19	
村上 夏美	(早稲田大)	1:00.42	通過タイム (sec)	6.84	11.24	15.83	20.64	25.49	30.58	35.84	41.34	47.24	53.37	1:00.42
			区間タイム (sec)	6.84	4.40	4.59	4.81	4.85	5.09	5.26	5.50	5.90	6.13	7.05
			区間速度 (m/s)	6.58	7.95	7.63	7.28	7.22	6.88	6.65	6.36	5.93	5.71	5.67
			歩数	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	

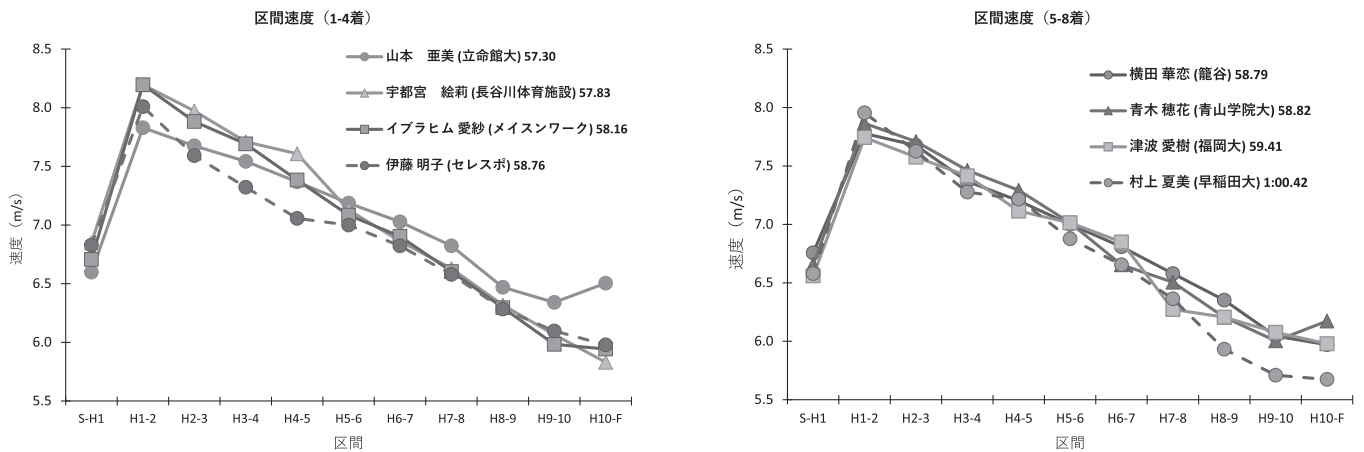


図 12 区間速度の変化 (日本選手権 女子400mH 決勝)

表 15 2021.06.27 第37回U20日本選手権 女子400mH 決勝 レース分析結果

選手名	所属	記録	区間→	S-H1	H1-2	H2-3	H3-4	H4-5	H5-6	H6-7	H7-8	H8-9	H9-10	H10-F	
工藤 芽衣	(立命館大)	58.97	通過タイム (sec)	6.99	11.59	16.43	21.39	26.46	31.53	36.64	41.86	47.43	53.05	58.97	
			PB	区間タイム (sec)	6.99	4.60	4.84	4.96	5.07	5.07	5.11	5.22	5.57	5.62	5.92
			区間速度 (m/s)	6.44	7.61	7.23	7.06	6.90	6.85	6.70	6.28	6.23	6.76		
			歩数	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18		
タネル 舞璃乃	(埼玉栄高)	59.07	通過タイム (sec)	6.71	11.21	15.87	20.77	25.79	30.95	36.32	41.79	47.31	52.94	59.07	
			PB	区間タイム (sec)	6.71	4.50	4.66	4.90	5.02	5.16	5.37	5.47	5.52	5.63	6.13
			区間速度 (m/s)	6.71	7.78	7.51	7.14	6.97	6.78	6.52	6.40	6.34	6.22	6.53	
			歩数	16	16	17	17	17	18	18	18	18	19		
大川 寿美香	(三田国際学園高)	59.22	通過タイム (sec)	6.86	11.31	15.93	20.74	25.63	30.68	35.95	41.31	46.81	52.64	59.22	
			PB	区間タイム (sec)	6.86	4.45	4.62	4.81	4.89	5.05	5.27	5.36	5.50	5.83	6.58
			区間速度 (m/s)	6.56	7.87	7.58	7.28	7.16	6.93	6.64	6.53	6.36	6.00	6.08	
			歩数	15	15	16	16	16	16	16	17	17	18		
内藤 香乃	(北摂三田高)	1:00.30	通過タイム (sec)	6.77	11.29	16.02	20.89	25.94	31.08	36.60	42.21	47.88	53.65	1:00.30	
			PB	区間タイム (sec)	6.77	4.52	4.73	4.87	5.05	5.14	5.52	5.61	5.67	5.77	6.65
			区間速度 (m/s)	6.65	7.74	7.40	7.19	6.93	6.81	6.34	6.24	6.17	6.07	6.02	
			歩数	17	17	17	17	17	19	19	19	19	19		
濱千代 琳香	(松阪商高)	1:00.75	通過タイム (sec)	7.06	11.78	16.52	21.40	26.46	31.61	37.09	42.69	48.62	54.60	1:00.75	
			PB	区間タイム (sec)	7.06	4.72	4.74	4.88	5.06	5.15	5.48	5.60	5.93	5.98	6.15
			区間速度 (m/s)	6.37	7.42	7.38	7.17	6.92	6.80	6.39	6.25	5.90	5.85	6.50	
			歩数	17	17	17	17	17	18	18	18	19	19		
工藤 美月	(滝川第二高)	1:01.02	通過タイム (sec)	7.07	11.61	16.22	20.94	25.99	31.33	36.67	42.23	47.91	54.05	1:01.02	
			PB	区間タイム (sec)	7.07	4.54	4.61	4.72	5.05	5.34	5.34	5.56	5.68	6.14	6.97
			区間速度 (m/s)	6.36	7.71	7.59	7.42	6.93	6.55	6.55	6.29	6.16	5.70	5.74	
			歩数	17	17	17	19	19	19	19	19	19	21		
日下 あやな	(常盤木学園高)	1:01.20	通過タイム (sec)	6.81	11.28	15.90	20.59	25.51	30.76	36.40	42.18	48.11	54.29	1:01.20	
			PB	区間タイム (sec)	6.81	4.47	4.62	4.69	4.92	5.25	5.64	5.78	5.93	6.18	6.91
			区間速度 (m/s)	6.61	7.83	7.58	7.46	7.11	6.67	6.21	6.06	5.90	5.66	5.79	
			歩数	17	17	17	17	17	17	19	19	19	19		
樋口 綾音	(大塚高)	1:01.44	通過タイム (sec)	7.02	11.70	16.50	21.42	26.54	31.85	37.19	42.83	48.72	54.79	1:01.44	
			PB	区間タイム (sec)	7.02	4.68	4.80	4.92	5.12	5.31	5.34	5.64	5.89	6.07	6.65
			区間速度 (m/s)	6.41	7.48	7.29	7.11	6.84	6.59	6.55	6.21	5.94	5.77	6.02	
			歩数	16	16	16	16	16	17	17	18	19	19		

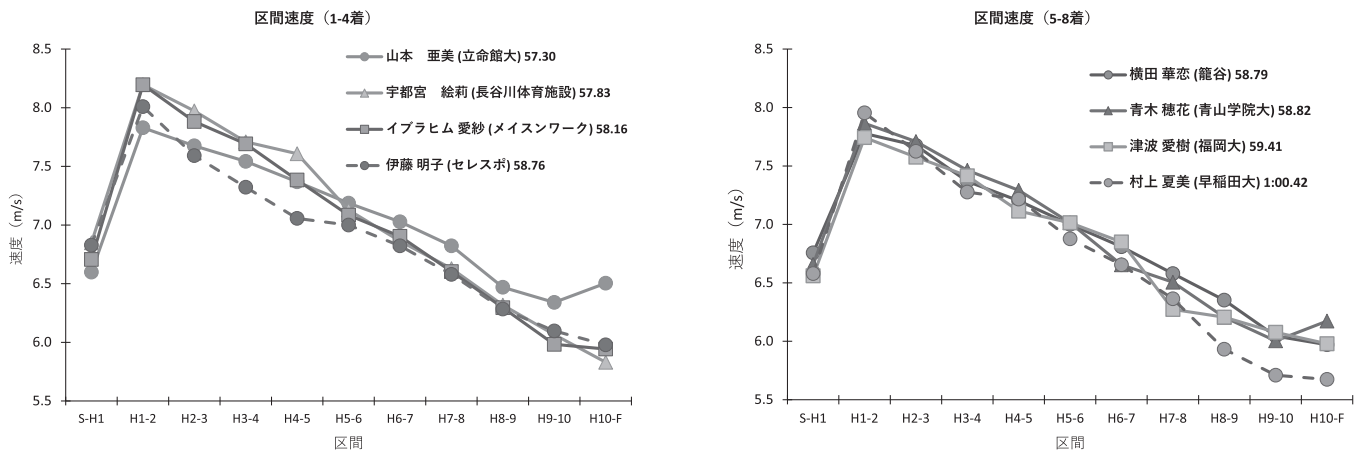


図 13 区間速度の変化 (U20 日本選手権 女子 400mH 決勝)

表 16 対象競技会における女子 400mH 上位 4 選手のペース配分指標

選手名	レース記録 (sec)	区間速度 (m/s)			速度低下率 (%)		レース記録に占める割合 (%)		
		前半	中盤	後半	前半～中盤	中盤～後半	前半	中盤	後半
宇都宮 絵莉	56.50	7.65	6.89	6.44	10.0	6.5	42.8	27.0	30.2
山本 亜美	57.30	7.33	7.01	6.44	4.4	8.1	44.0	26.1	29.8
関本 萌香	57.33	7.47	7.15	6.15	4.3	14.0	43.2	25.6	31.2
伊藤 明子	57.76	7.42	6.83	6.30	7.9	7.7	43.2	26.6	30.2
宇都宮 絵莉 (2020)	57.09	7.43	6.88	6.50	7.4	5.5	43.6	26.7	29.6
久保倉 里美	55.34	7.51	7.19	6.83	4.3	5.1	44.5	26.4	29.1

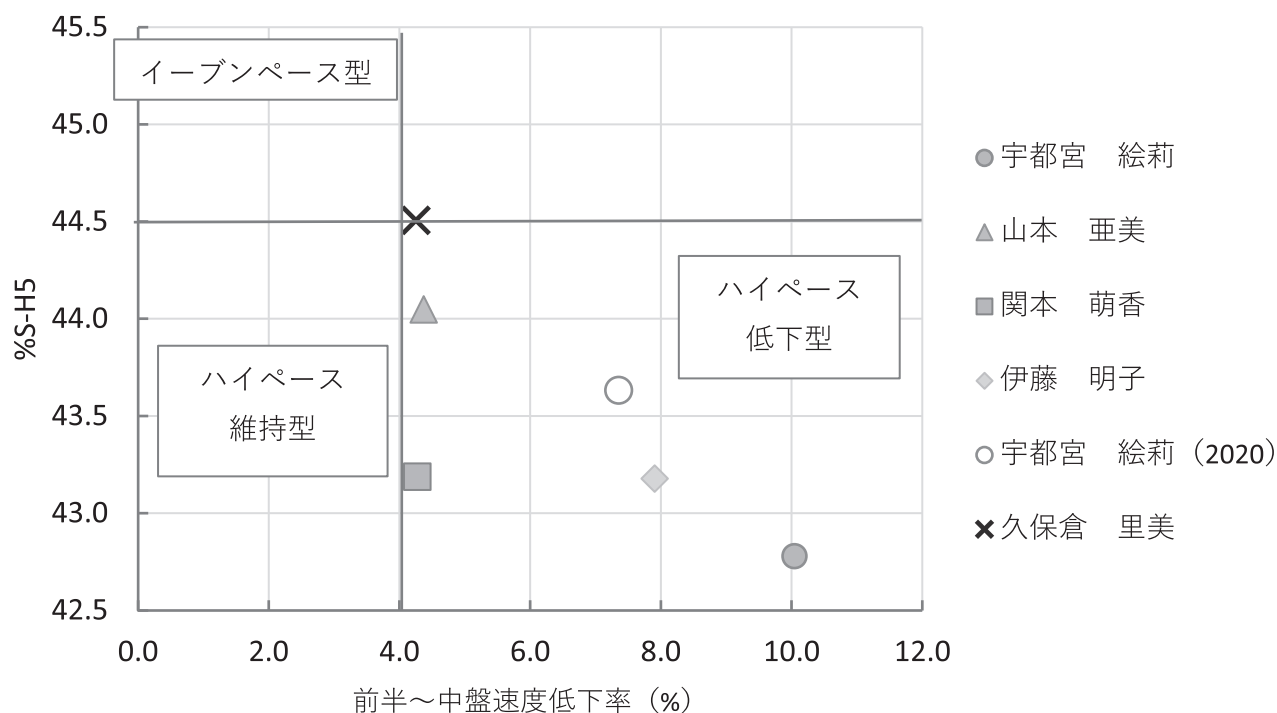


図 14 女子 400mH における H8 までのペース配分による類型化

表 17 宇都宮選手における日本記録更新の各区間タイム (速度) およびペース配分指標

記録 (sec)	前半 (S-H5) (sec)	(m/s)	中盤 (H5-8) (sec)	(m/s)	後半 (H8-F) (sec)	(m/s)	%S-H5 (%)	H5-8低下率 (%)	H8-F低下率 (%)
55.30	24.18	7.65	14.76	7.11	16.36	6.72	43.7	7.0	5.8

- における一流男子選手のレースパターン分析. 日本バイオメカニクス研究, 9 (4) : 196-204.
- 森丘保典, 榎本靖士, 山崎一彦, 杉田正明, 阿江通良 (2007) 一流男子 100m ハードル選手のレースパターンの類型化について—世界陸上大阪大会の決勝レース展望—. 陸上競技学会誌, 6 : 55-59.
- 杉本和那美, 貴嶋孝太, 柴山一仁, 森丘保典 (2020a) 日本一流男女 400m ハードル選手のレースパターン分析—2019 年主要競技会について—. 陸上競技研究紀要, 16 : 165-176.
- 杉本和那美, 貴嶋孝太, 柴山一仁, 森丘保典 (2020b) 日本一流男女 400m ハードル選手のレースパターン分析—2020 年主要競技会について—. 陸上競技研究紀要, 16 : 177-194.