

## 2016年主要競技会における男女400m走のレース分析

山元康平<sup>1)</sup> 高橋恭平<sup>2)</sup> 広川龍太郎<sup>3)</sup> 松林武生<sup>4)</sup> 小林海<sup>5)</sup> 松尾彰文<sup>6)</sup> 柳谷登志雄<sup>7)</sup>

1) 筑波大学大学院 2) 熊本高等専門学校 3) 東海大学 4) 国立スポーツ科学センター  
5) 日本スポーツ振興センター 6) 鹿屋体育大学 7) 順天堂大学

### 1. はじめに

本稿では、2016年度に日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われた国内外の主要競技会における男女400m走のレース分析結果について報告する。

### 2. 方法

#### 2-1. 対象競技会

下記の9つの競技会を分析対象とした。

- ①第32回静岡国際陸上競技大会(2016年5月3日)  
(以下、静岡国際)
- ②セイコーゴールデングラプリ陸上2016川崎  
(2016年5月8日)(以下、SGG)
- ③第100回日本陸上競技選手権大会(2016年6月  
24日～26日)(以下、日本選手権)
- ④U20世界陸上選手権大会(2016年7月19～24日)  
(以下U20世界選手権)
- ⑤第69回全国高等学校対校陸上競技選手権大会  
(2016年7月29日～8月2日)(以下、岡山IH)
- ⑥第31回オリンピック競技大会(2016年8月12  
日～21日)(以下、Rio五輪)
- ⑦第71回国民体育大会(2016年10月7日～11日)  
(以下、国体成年および国体少年A)
- ⑧第32回日本ジュニア陸上競技選手権大会(2016  
年10月21日～23日)(以下、日本ジュニア)
- ⑨第9回日本ユース陸上競技選手権大会(2016年  
10月21日～23日)(以下、日本ユース)

#### 2-2. 対象選手

各競技会における男女決勝進出者を分析対象とした。レース中の転倒や明らかな疲労困憊などによって著しくパフォーマンスの低かった者、障害物などにより分析が困難であった者は分析対象から除外し

た。また、日本選手権およびRio五輪、U20世界選手権においては、記録の良かった者や日本人競技者を対象に、適宜予選および準決勝の分析も行った。その結果、分析対象者数は、男子延べ94名(400m走記録:46.89±1.21秒)、女子延べ86名(同:54.63±1.92秒)であった。

#### 2-3. レースの撮影

3-5台のデジタルビデオカメラ[Exilim(EX-F1, CASIO, JAPAN, 29.97fps), Lumix(FZ200, Panasonic, JAPAN, 59.94fps) スポーツコーチングカメラシステム(GC-LJ25Bシステム, JVC, JAPAN, 59.94fps)]をスタンドに設置し、レースを撮影した。スタートピストルの閃光または発煙を撮影した後、競技者を追従撮影した。主な撮影場所は、第1曲走路、バックスタンド中央付近、第4曲走路、ホームスタンドのフィニッシュラインの付近であった。後述するOverlay分析(持田ほか, 2007)における距離較正のために、同じ位置から400mHのハードルが設置された映像を撮影した。

#### 2-4. データ処理

400mHのハードル設置位置(45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325mおよび360m)の通過タイムを、Overlay方式(持田ほか, 2007)を用いて算出した。表計算ソフト(MS-Excel 2010)のVisual Basic for Applicationを用いて開発した専用の映像分析プログラムを用い、分析対象の400m走のレース映像と、距離較正用のハードル画像を合成表示し、競技者が各地点を通過するタイムを読み取った。映像の合成表示は、グラウンド上のラインや観客席などを手掛かりに、2つの映像を重ね合わせた。

50m毎の各地点の通過タイムを、各地点を挟む前後2地点の通過タイムを基にした直線回帰により求

めた(持田ほか, 2007). さらに, 100m 毎の区間タイム, レース後半 200m の区間タイム(以下, 後半 200m タイム)を算出した. また, 走スピード低下の評価指標として, レース前半 200m の区間タイムと後半 200m タイムの差(以下, 前後半差)を算出した. 前後半差は, 値が小さいほどレース前半から後半への走スピードの低下が少ないことを示す.

400mH のハードル設置位置を基準とした 11 区間について, 各区間の距離を各区間に要した時間で除すことで各区間の平均走スピード(以下, 走スピード)を算出した. また, 先行研究(山本ほか, 2014; 山元ほか, 2015)の報告を参考に, 最高走スピードから 325-360m 区間の走速度を引いた値を最高走スピードで除し 100 を乗ずることで, 走スピード低下率を算出した.

区間平均ステップ頻度(以下, ピッチ)は, 各区間に要した歩数と時間から, 1 秒間当たりの歩数として算出した. 歩数は, 左右差の影響を排除するために偶数歩とした(12-20 歩).

区間平均ステップ長(以下, ストライド)は, 各区間の走スピードをピッチで除すことで算出した.

項目間の関係については, ピアソンの積率相関係数を算出し, 有意水準は 5% 未満とした.

### 3. 結果

表 1 は, 男子の分析対象レースにおける 50m 毎の通過タイム, 100m 毎の区間タイム, 後半 200m タイム, 前後半差および走スピード低下率を示したものである. 表 2 は同様に女子について示したものである. 図 1 は, 400m 走記録(フィニッシュタイム)と, 100m 毎の各地点の通過タイム, 100m 毎の区間タイムおよび後半 200m タイム, 前後半差および走スピード低下率との関係を示したものである. 図 2 は, 同様に女子について示したものである. フィニッシュタイムと, 通過タイムおよび区間タイムとの間に強い相関関係が認められた. 男子の前後半差, 女子の走スピード低下率との間には有意な相関関係は認められなかった.

図 3 は, 走スピード, ピッチおよびストライドの変化について, 世界トップレベル(Wayne VAN NIEKERK 選手, Shaunae MILLER 選手), 日本トップレベル(ウォルシュ ジュリアン選手, 青山聖佳選手), 世界ジュニアトップレベル(Abdalelah HAROUN 選手, Tiffany JAMES 選手), および日本ジュニアトップレベル(小久保友裕選手, 青木りん選手)の代表例を示したものである. 走スピードは, パ

フォーマンスの高い選手ほど, レース前半から中盤において高い値を示す傾向が見られた. ピッチは, パフォーマンスレベルとの間に明確な関係は見られなかったが, ストライドは, パフォーマンスの高い選手ほど大きな値を示す傾向が見られた.

図 4 は, 世界トップレベル(Wayne VAN NIEKERK 選手, Shaunae MILLER 選手)および日本トップレベル選手(ウォルシュ ジュリアン選手, 青山聖佳選手)の 2015 年と 2016 年のレースパターンの比較を示したものである. 世界記録を更新した VAN NIEKERK 選手は, 100-200m 付近の走スピードが向上している傾向が見られた.

### 4. まとめ

本稿では, 2016 年度の国内外の男女 400m 走レースを分析した. 主な結果は以下のとおりである.

- ① 男女ともに 400m フィニッシュタイムと 100m 毎の通過タイムおよび区間タイムとの間に有意な相関関係が認められた.
- ② 世界トップレベル, 日本シニアトップレベル, 世界ジュニアトップレベル, 日本ジュニアトップレベルを比較すると, 男女ともに世界トップレベルは, レース前半から中盤における走スピードが顕著に高く, ストライドが大きかった.

### 文献

- 持田 尚・松尾彰文・柳谷登志雄・矢野隆照・杉田 正明・阿江通良(2007) Overlay 表示技術を用いた陸上競技 400m 走レースの時間分析. 陸上競技研究紀要, 3 : 9-15.
- 持田 尚・杉田正明(2010) 2007 世界陸上競技選手権大阪大会における決勝 400m 走レースのバイオメカニクス分析. 第 11 回世界陸上競技選手権大会 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 財団法人日本陸上競技連盟: 東京, pp. 51-75.
- 山本真帆・松林武生・山中亮・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄・広川龍太郎・小山宏之・榎本靖士・岡崎和伸・門野洋介・山元康平(2014) 2014 年度競技会における男子 400m 走のレース分析. 陸上競技研究紀要, 10 : 75-79.
- 山元康平・高橋恭平・広川龍太郎・松林武生・小林海・松尾彰文・柳谷登志雄(2015) 2015 年主要競技会における男女 400m 走のレース分析. 陸上競技研究紀要, 14 : 128-134.

表1 男子 通過タイム, 区間タイムおよび走スピード低下率

選手名	競技会名	記録 [s]	通過タイム [s]							区間タイム [s]				低下率 [%]		
			50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	100-200m	200-300m	300-400m		200-400m	前後半差
Wayde VAN NIEKERK	Rio五輪	43.03	6.01	10.77	15.63	20.58	25.71	31.06	36.77	43.03	9.82	10.48	11.97	22.45	1.86	19.18
Kirani JAMES	Rio五輪	43.76	6.03	10.78	15.58	20.61	25.79	31.27	37.20	43.76	9.82	10.66	12.49	23.15	2.55	22.27
LaShawn MERRITT	Rio五輪	43.85	6.11	10.82	15.57	20.47	25.69	31.23	37.18	43.85	9.65	10.77	12.62	23.38	2.91	23.35
Machel CEDENIO	Rio五輪	44.01	6.08	10.87	15.80	20.86	26.18	31.88	37.70	44.01	9.99	11.02	12.13	23.15	2.28	19.11
Karabo SIBANDA	Rio五輪	44.25	6.25	11.22	16.35	21.67	27.11	32.62	38.25	44.25	10.45	10.95	11.63	22.58	0.91	13.03
Ali Khamis KHAMIS	Rio五輪	44.36	6.17	11.05	16.08	21.29	26.62	32.15	38.02	44.36	10.24	10.86	12.21	23.07	1.78	19.76
Bralon TAPLIN	Rio五輪	44.45	6.16	11.08	16.07	21.15	26.44	31.99	37.87	44.45	10.08	10.84	12.46	23.30	2.14	18.97
Matthew HUDSON-SMITH	Rio五輪	44.61	6.20	11.19	16.25	21.53	26.98	32.50	38.28	44.61	10.34	10.97	12.11	23.08	1.56	15.79
ウルフ ジュリア	Rio五輪予選	46.37		11.14		21.76		33.32		46.37	10.61	11.56	13.05	24.61	2.86	
金丸祐三	Rio五輪予選	48.38		11.34		22.22		34.73		48.38	10.88	12.51	13.65	26.16	3.94	
ウルフ ジュリア	日本選手権	45.35	6.01	10.97	16.07	21.44	27.02	32.84	38.92	45.35	10.47	11.41	12.51	23.91	2.47	20.46
加藤修也	日本選手権	45.71	6.34	11.44	16.63	22.08	27.74	33.51	39.40	45.71	10.64	11.43	12.20	23.63	1.56	15.17
北川典理	日本選手権	45.93	6.30	11.46	16.80	22.37	28.09	33.84	39.78	45.93	10.91	11.47	12.09	23.56	1.19	14.34
田村朋也	日本選手権	46.15	6.23	11.29	16.45	21.75	27.30	33.16	39.29	46.15	10.46	11.40	12.99	24.40	2.64	20.38
佐藤孝太郎	日本選手権	46.30	6.24	11.27	16.42	21.79	27.47	33.40	39.64	46.30	10.52	11.60	12.90	24.51	2.71	20.90
藤原武	日本選手権	46.41	6.41	11.53	16.78	22.21	27.72	33.58	39.79	46.41	10.68	11.37	12.83	24.20	1.99	20.60
堀井浩介	日本選手権	46.52	6.25	11.43	16.75	22.25	27.98	33.93	40.06	46.52	10.82	11.68	12.59	24.27	2.02	16.99
廣瀬英行	日本選手権	46.64	6.34	11.53	16.78	22.20	27.87	33.79	39.98	46.64	10.67	11.59	12.85	24.44	2.25	17.80
小林直己	日本選手権予選	46.87	6.43	11.55	16.80	22.14	27.65	33.55	39.89	46.87	10.58	11.41	13.32	24.73	2.60	21.98
渡邊和也	日本選手権予選	47.38	6.24	11.44	16.65	22.13	27.83	33.87	40.34	47.38	10.69	11.74	13.51	25.25	3.13	21.16
油井快晴	日本選手権予選	47.47	6.35	11.48	16.73	22.25	27.95	33.97	40.41	47.47	10.77	11.72	13.50	25.22	2.97	22.18
愛敬敬太郎	日本選手権予選	47.85	6.27	11.37	16.70	22.25	28.02	34.13	40.71	47.85	10.88	11.88	13.72	25.60	3.34	25.27
ウルフ ジュリア	SGG	45.68	6.05	11.07	16.24	21.58	27.10	32.90	39.09	45.68	10.51	11.32	12.78	24.10	2.53	21.51
SOLOMON, Jarrin	SGG	45.77	6.29	11.34	16.52	21.91	27.48	33.21	39.30	45.77	10.58	11.30	12.56	23.86	1.95	18.85
WARINER, Jeremy	SGG	46.04	6.20	11.21	16.42	21.79	27.36	33.08	39.29	46.04	10.58	11.29	12.96	24.25	2.46	21.80
QUOW, Renny	SGG	46.73	6.24	11.26	16.45	21.78	27.35	33.15	39.49	46.73	10.53	11.37	13.58	24.95	3.16	24.28
佐藤孝太郎	SGG	46.75	6.31	11.35	16.52	21.92	27.54	33.49	39.86	46.75	10.57	11.57	13.26	24.83	2.91	22.00
WILLIAMS, Conrad	SGG	46.78	6.30	11.41	16.63	22.00	27.55	33.40	39.79	46.78	10.59	11.41	13.38	24.78	2.78	22.46
北川典理	SGG	46.82	6.40	11.52	16.83	22.33	28.02	33.95	40.24	46.82	10.81	11.62	12.87	24.49	2.16	19.92
木村和史	SGG	47.39	6.32	11.50	16.83	22.47	28.28	34.21	40.52	47.39	10.98	11.73	13.18	24.92	2.44	20.00
ウルフ ジュリア	静岡国際	46.06	6.16	11.18	16.32	21.62	27.27	33.24	39.44	46.06	10.44	11.61	12.82	24.44	2.81	20.75
魚里 勇介	静岡国際	46.65	6.23	11.40	16.68	22.12	27.82	33.79	40.01	46.65	10.72	11.67	12.86	24.53	2.42	19.17
佐藤孝太郎	静岡国際	46.77	6.25	11.34	16.68	22.20	27.89	33.85	40.12	46.77	10.86	11.65	12.92	24.57	2.37	21.72
小淵 瑞樹	静岡国際	47.00	6.42	11.68	17.03	22.37	28.03	34.13	40.31	47.00	10.68	11.77	12.87	24.63	2.27	15.89
東 魁輝	静岡国際	47.00	6.41	11.70	17.15	22.60	28.07	33.90	40.17	47.00	10.90	11.30	13.10	24.40	1.81	18.06
油井快晴	静岡国際	47.07	6.35	11.54	17.00	22.57	28.27	34.16	40.41	47.07	11.03	11.59	12.91	24.50	1.92	19.55
Bonggo PARK	静岡国際	47.07	6.23	11.50	16.98	22.53	28.22	34.07	40.26	47.07	11.04	11.54	13.00	24.54	2.00	18.05
木村和史	静岡国際	47.07	6.28	11.62	17.13	22.74	28.43	34.31	40.44	47.07	11.12	11.57	12.76	24.33	1.59	16.03
渡邊和也	静岡国際	47.08	6.24	11.45	16.72	22.18	27.87	33.91	40.33	47.08	10.74	11.73	13.17	24.90	2.71	19.85
石塚祐輔	静岡国際	47.30	6.17	11.40	16.77	22.32	28.05	34.08	40.45	47.30	10.92	11.76	13.22	24.98	2.66	20.22
廣瀬英行	静岡国際	47.43	6.31	11.55	16.87	22.44	28.25	34.29	40.62	47.43	10.89	11.85	13.14	24.99	2.55	18.89
愛敬敬太郎	静岡国際	47.80	6.24	11.36	16.72	22.27	28.05	34.16	40.71	47.80	10.91	11.89	13.64	25.53	3.26	24.01
北川典理	国体成年	47.22	6.47	11.79	17.23	22.90	28.76	34.68	40.77	47.22	11.11	11.78	12.54	24.32	1.42	13.28
加藤修也	国体成年	47.30	6.63	12.01	17.43	23.18	29.16	35.08	41.03	47.30	11.16	11.91	12.22	24.12	0.95	10.76
堀井浩介	国体成年	47.48	6.37	11.71	17.23	23.12	29.17	35.09	41.11	47.48	11.41	11.96	12.39	24.36	1.24	12.20
小林直己	国体成年	47.51	6.39	11.58	16.98	22.63	28.35	34.32	40.61	47.51	11.04	11.70	13.19	24.88	2.26	19.40
木村和史	国体成年	47.64	6.45	11.83	17.35	23.02	28.85	34.86	41.06	47.64	11.19	11.85	12.78	24.62	1.61	14.89
許崎充洋	国体成年	47.65	6.63	11.99	17.45	23.16	29.02	35.06	41.22	47.65	11.17	11.90	12.59	24.49	1.33	12.45
佐藤風雅	国体成年	47.72	6.62	12.16	17.83	23.67	29.38	35.20	41.25	47.72	11.51	11.53	12.52	24.05	0.38	10.12
山木伝説	国体成年	47.80	6.52	11.76	17.30	23.08	29.06	35.10	41.27	47.80	11.32	12.02	12.70	24.72	1.64	17.24
Abdalah HAROUN	U20世界選手権	44.81	6.22	11.06	16.05	21.25	26.68	32.38	38.36	44.81	10.18	11.13	12.43	23.56	2.32	21.40
Wilbert LONDON III	U20世界選手権	45.27	6.18	11.30	16.60	22.04	27.59	33.13	39.02	45.27	10.75	11.09	12.14	23.23	1.18	14.86
Karabo SIBANDA	U20世界選手権	45.45	6.08	10.92	15.88	21.08	26.50	32.38	38.60	45.45	10.16	11.30	13.07	24.37	3.29	22.69
Geoffrey KIPROTICH	U20世界選手権	45.64	6.42	11.45	16.55	21.76	27.21	33.02	39.07	45.64	10.32	11.26	12.62	23.88	2.11	18.29
Kahmani MONTGOMERY	U20世界選手権	46.48	6.24	11.49	16.82	22.28	27.88	33.62	39.71	46.48	10.79	11.35	12.86	24.20	1.93	16.48
Anthony ZAMBRANO	U20世界選手権	46.50	6.15	11.33	16.72	22.41	28.14	34.05	40.09	46.50	11.08	11.64	12.45	24.09	1.67	16.47
松清和希	U20世界選手権	46.69	6.49	11.72	17.15	22.66	28.34	34.16	40.19	46.69	10.93	11.51	12.53	24.03	1.38	15.29
北谷直輝	U20世界選手権	47.15	6.29	11.47	16.78	22.31	28.15	34.23	40.43	47.15	10.84	11.92	12.92	24.84	2.53	17.24
松清和希	U20世界選手権準決勝	46.69	6.36	11.56	17.00	22.58	28.27	34.06	40.11	46.69	11.02	11.48	12.63	24.11	1.54	17.56
北谷直輝	U20世界選手権準決勝	46.41	6.36	11.39	16.51	21.96	27.76	33.62	39.82	46.41	10.57	11.67	12.79	24.45	2.50	20.68
松清和希	U20世界選手権予選	46.78	6.47	11.72	17.22	22.82	28.67	34.53	40.45	46.78	11.10	11.71	12.25	23.96	1.14	13.65
北谷直輝	U20世界選手権予選	47.32	6.47	11.68	17.01	22.52	28.36	34.37	40.63	47.32	10.83	11.85	12.95	24.80	2.28	19.17
小久保友裕	岡山IH	46.67	6.53	11.97	17.40	23.02	28.79	34.61	40.51	46.67	11.05	11.59	12.06	23.65	0.63	8.06
井上大地	岡山IH	46.91	6.54	11.88	17.30	22.88	28.51	34.36	40.43	46.91	11.00	11.47	12.55			

表2 女子 通過タイム, 区間タイムおよび走スピード低下率

選手名	競技会名	記録 [s]	通過タイム [s]							区間タイム [s]				前後半差	低下率 [%]	
			50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	100-200m	200-300m	300-400m			200-400m
Shaunae MILLER	Rio五輪	49.44	6.49	11.80	17.23	22.98	29.03	35.34	42.10	49.44	11.18	12.36	14.10	26.46	3.48	23.18
Allyson FELIX	Rio五輪	49.51	6.54	11.88	17.42	23.23	29.42	35.80	42.41	49.51	11.35	12.56	13.71	26.28	3.05	20.71
Shericka JACKSON	Rio五輪	49.85	6.67	12.04	17.60	23.39	29.52	35.92	42.61	49.85	11.35	12.53	13.93	26.46	3.06	20.36
Natasha HASTINGS	Rio五輪	50.34	6.37	11.57	17.05	22.99	29.25	35.71	42.67	50.34	11.42	12.72	14.63	27.35	4.37	29.37
Phyllis FRANCIS	Rio五輪	50.41	6.74	12.24	17.93	23.78	29.94	36.40	43.14	50.41	11.55	12.62	14.01	26.63	2.84	20.70
Stephanie Ann MCPHERSON	Rio五輪	50.97	6.79	12.36	18.03	23.85	29.94	36.36	43.26	50.97	11.49	12.50	14.61	27.12	3.26	21.69
Olha ZEMLYAK	Rio五輪	51.24	6.89	12.67	18.44	24.51	30.87	37.42	44.13	51.24	11.83	12.91	13.82	26.73	2.22	14.84
Libania GRENOT	Rio五輪	51.25	6.77	12.24	17.97	23.85	30.13	36.66	43.69	51.25	11.61	12.81	14.59	27.40	3.55	24.50
青山聖佳	日本選手権	53.04	6.73	12.46	18.40	24.54	31.01	37.89	45.12	53.04	12.08	13.35	15.15	28.50	3.96	22.65
青木りん	日本選手権	53.66	6.96	12.74	18.64	24.90	31.51	38.48	45.75	53.66	12.16	13.58	15.18	28.76	3.86	22.51
樺山楓	日本選手権	53.76	6.92	13.01	19.30	25.66	32.13	38.97	46.11	53.76	12.65	13.32	14.79	28.10	2.45	17.38
松本奈菜子	日本選手権	54.67	7.16	13.25	19.47	25.96	32.69	39.69	46.96	54.67	12.71	13.73	14.98	28.71	2.74	17.80
石塚晴子	日本選手権	54.67	6.99	12.84	18.82	25.14	31.75	38.84	46.41	54.67	12.30	13.69	15.83	29.53	4.38	25.38
吉良愛美	日本選手権	54.80	7.08	13.02	19.19	25.64	32.38	39.35	46.76	54.80	12.61	13.71	15.45	29.16	3.52	21.84
小田垣亜樹	日本選手権	55.01	7.18	13.53	19.95	26.56	33.23	40.13	47.35	55.01	13.03	13.57	14.88	28.45	1.89	13.64
島田雪菜	日本選手権	55.02	7.09	13.12	19.35	25.86	32.62	39.69	47.20	55.02	12.74	13.83	15.33	29.16	3.30	21.07
青山聖佳	日本選手権予選	53.28	6.82	12.50	18.37	24.50	31.00	37.92	45.42	53.28	12.00	13.42	15.36	28.78	4.28	26.48
青木りん	日本選手権予選	53.44	7.09	12.93	18.99	25.36	31.95	38.80	45.89	53.44	12.42	13.44	14.64	28.08	2.72	19.97
吉良愛美	日本選手権予選	53.83	7.05	12.93	18.95	25.29	31.88	38.80	46.08	53.83	12.36	13.51	15.03	28.54	3.25	21.54
石塚晴子	日本選手権予選	54.23	7.00	12.85	18.85	25.09	31.68	38.73	46.25	54.23	12.24	13.64	15.50	29.14	4.06	24.30
島田雪菜	日本選手権予選	54.59	6.98	12.91	18.95	25.24	31.79	38.94	46.63	54.59	12.33	13.70	15.65	29.35	4.12	25.00
松本奈菜子	日本選手権予選	54.68	7.29	13.47	19.70	26.11	32.77	39.77	47.09	54.68	12.64	13.66	14.91	28.57	2.46	16.45
青木沙弥佳	日本選手権予選	54.87	6.89	12.83	18.95	25.31	31.96	39.01	46.60	54.87	12.47	13.70	15.86	29.56	4.25	24.62
藤沢沙也加	日本選手権予選	55.07	7.11	13.05	19.19	25.58	32.18	39.22	46.83	55.07	12.54	13.63	15.85	29.49	3.90	24.92
千葉麻美	日本選手権予選	55.80	6.96	12.96	19.11	25.53	32.31	39.48	47.18	55.80	12.57	13.95	16.32	30.27	4.74	25.53
Jessica GULLI NANCE	静岡国際	54.20	7.10	13.06	19.29	25.77	32.43	39.50	46.72	54.20	12.71	13.73	14.70	28.43	2.67	18.48
石塚晴子	静岡国際	54.79	6.99	12.88	19.00	25.44	32.17	39.34	46.85	54.79	12.56	13.90	15.45	29.35	3.92	23.58
樺山楓	静岡国際	54.91	7.03	13.16	19.65	26.09	32.68	39.68	47.01	54.91	12.93	13.59	15.23	28.82	2.74	20.19
松本奈菜子	静岡国際	55.34	7.16	13.27	19.55	26.02	32.75	39.94	47.39	55.34	12.75	13.91	15.40	29.32	3.29	19.11
岩田優奈	静岡国際	55.37	7.12	13.21	19.44	25.96	32.79	40.02	47.53	55.37	12.75	14.06	15.35	29.41	3.46	20.57
吉見美咲	静岡国際	55.77	7.14	13.25	19.65	26.26	33.12	40.26	47.72	55.77	13.01	14.00	15.51	29.51	3.26	21.50
小田垣亜樹	静岡国際	55.80	7.41	13.88	20.55	27.25	33.90	40.76	48.07	55.80	13.37	13.51	15.04	28.55	1.30	14.33
田中千智	静岡国際	55.97	7.13	13.29	19.65	26.19	33.01	40.11	47.67	55.97	12.91	13.91	15.86	29.78	3.58	22.32
武石この実	静岡国際	56.11	6.87	12.79	19.00	25.68	32.81	40.21	47.89	56.11	12.88	14.54	15.90	30.43	4.75	25.00
中嶋藍梨	静岡国際	56.49	6.91	12.76	18.94	25.46	32.30	39.78	47.78	56.49	12.70	14.32	16.71	31.03	5.57	29.94
新木麻未	静岡国際	56.51	7.14	13.16	19.39	25.93	32.70	40.01	47.86	56.51	12.77	14.08	16.50	30.58	4.65	25.30
木本彩葉	静岡国際	57.96	7.54	13.94	20.52	27.37	34.51	41.96	49.64	57.96	13.43	14.59	16.00	30.59	3.23	19.70
青山聖佳	国体成年	54.35	6.90	12.76	18.79	25.11	31.73	38.75	46.17	54.35	12.35	13.64	15.60	29.24	4.13	22.78
武石この実	国体成年	54.93	6.95	13.05	19.37	26.01	32.95	40.05	47.34	54.93	12.96	14.04	14.88	28.92	2.91	16.94
松本奈菜子	国体成年	55.09	7.20	13.24	19.50	26.13	32.88	39.89	47.18	55.09	12.89	13.76	15.20	28.96	2.83	18.77
佐藤静香	国体成年	55.78	7.41	13.54	19.95	26.52	33.42	40.52	47.91	55.78	12.98	13.99	15.26	29.26	2.74	20.19
近藤夏奈	国体成年	55.78	7.08	13.37	19.79	26.48	33.37	40.49	47.87	55.78	13.11	14.01	15.29	29.30	2.83	15.97
石塚晴子	国体成年	55.79	7.01	13.10	19.40	26.04	33.03	40.31	47.86	55.79	12.94	14.26	15.48	29.75	3.70	21.00
岩田優奈	国体成年	56.00	7.40	13.94	20.52	27.26	34.16	41.24	48.46	56.00	13.32	13.98	14.76	28.74	1.48	10.16
藤沢沙也加	国体成年	56.01	6.96	12.91	19.12	25.73	32.65	39.89	47.60	56.01	12.82	14.17	16.12	30.28	4.55	25.68
Tiffany JAMES	U20世界選手権	51.32	6.85	12.52	18.30	24.29	30.59	37.13	43.94	51.32	11.77	12.84	14.19	27.03	2.74	17.77
Lynna IRBY	U20世界選手権	51.39	6.62	12.06	17.93	24.15	30.53	37.10	43.95	51.39	12.08	12.96	14.29	27.24	3.10	23.97
Janelle BROMFIELD	U20世界選手権	52.05	6.96	12.55	18.40	24.51	30.90	37.44	44.43	52.05	11.97	12.92	14.61	27.54	3.02	24.01
Jessica THORNTON	U20世界選手権	52.05	6.69	12.21	18.15	24.43	30.87	37.57	44.54	52.05	12.22	13.14	14.48	27.62	3.19	24.50
Maureen Nyatichi THOMAS	U20世界選手権	52.09	6.97	12.67	18.59	24.86	31.27	37.91	44.79	52.09	12.18	13.05	14.18	27.23	2.37	18.49
Roxana GÓMEZ	U20世界選手権	52.24	7.19	12.86	18.79	24.89	31.13	37.67	44.53	52.24	12.03	12.78	14.57	27.35	2.47	21.89
Natassha MCDONALD	U20世界選手権	53.35	7.13	12.90	18.89	25.12	31.61	38.37	45.53	53.35	12.22	13.25	14.98	28.23	3.11	22.08
Dzhois KOBAYASHI	U20世界選手権	53.74	7.27	13.21	19.29	25.50	32.08	38.92	46.06	53.74	12.29	13.42	14.82	28.24	2.74	18.36
石塚晴子	U20世界選手権予選	55.20	6.96	12.94	19.15	25.63	32.37	39.61	47.16	55.20	12.69	13.98	15.59	29.57	3.95	22.57
青木りん	岡山IH	54.14	6.99	12.65	18.55	24.96	31.80	39.07	46.51	54.14	12.31	14.11	15.07	29.18	4.22	23.62
秦野南美	岡山IH	54.21	7.01	12.94	19.05	25.47	32.28	39.34	46.57	54.21	12.53	13.87	14.87	28.74	3.26	18.95
池崎愛里	岡山IH	54.64	7.31	13.21	19.27	25.79	32.61	39.68	47.00	54.64	12.58	13.89	14.96	28.85	3.06	19.81
川田朱夏	岡山IH	54.91	7.11	13.04	19.24	25.69	32.59	39.75	47.17	54.91	12.64	14.07	15.16	29.22	3.54	21.22
福田翔子	岡山IH	55.30	7.49	13.74	20.09	26.67	33.40	40.27	47.57	55.30	12.93	13.60	15.03	28.63	1.96	16.13
島田雪菜	岡山IH	55.65	7.09	13.17	19.37	25.79	32.57	39.77	47.52	55.65	12.62	13.98	15.88	29.86	4.07	23.48
柴田望笑	岡山IH	55.88	7.04	12.95	19.17	25.81	32.81	40.16	47.86	55.88	12.86	14.35	15.72	30.07	4.26	24.77
河津真由	岡山IH	56.19	6.94	12.78	18.84	25.52	32.80	40.43	48.20	56.19	12.74	14.91	15.76	30.67	5.14	24.53
青木りん	国体少年A	54.67	6.97	12.93	19.09	25.78	32.72	39.73	46.97	54.67	12.85	13.96	14.94	28.89	3.12	18.09
島田雪菜	国体少年A	54.82	6.83	12.72	18.85	25.39	32.28									

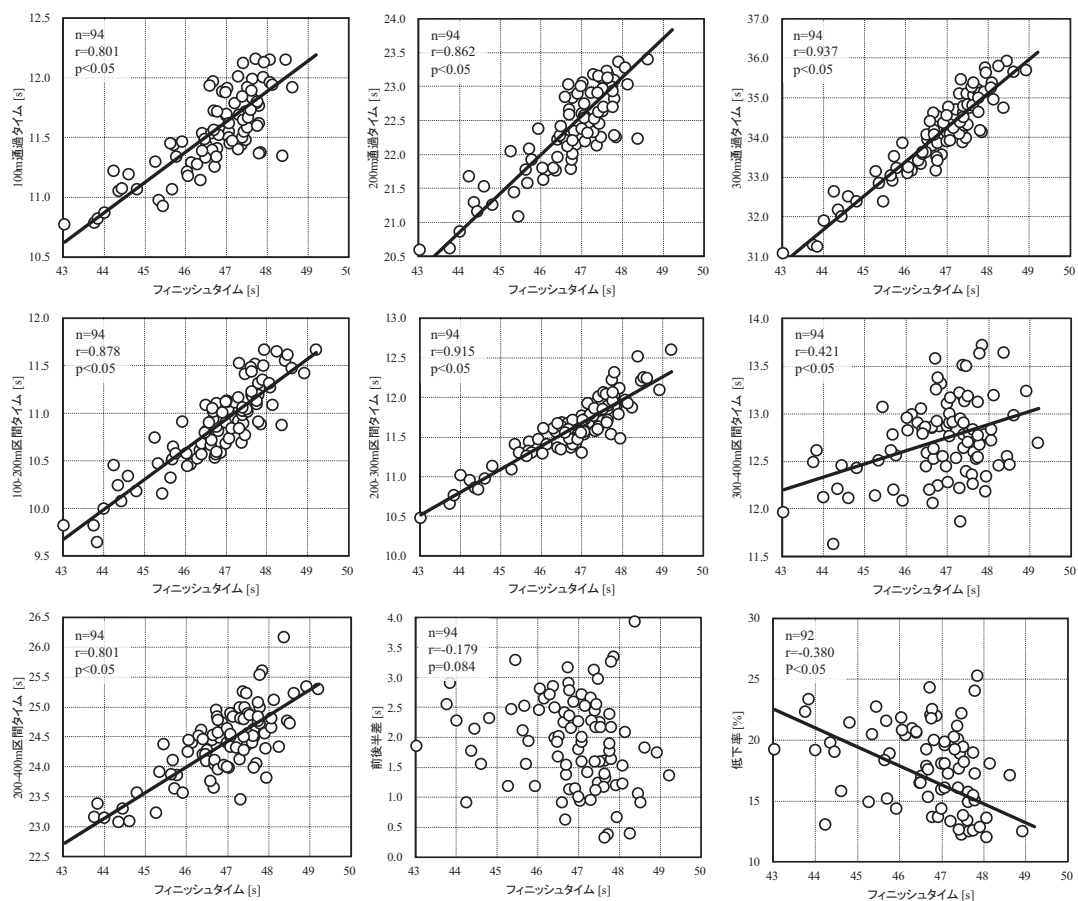


図1 400m走におけるフィニッシュタイムと通過タイム, 区間タイムおよびスピード低下指標との関係(男子)

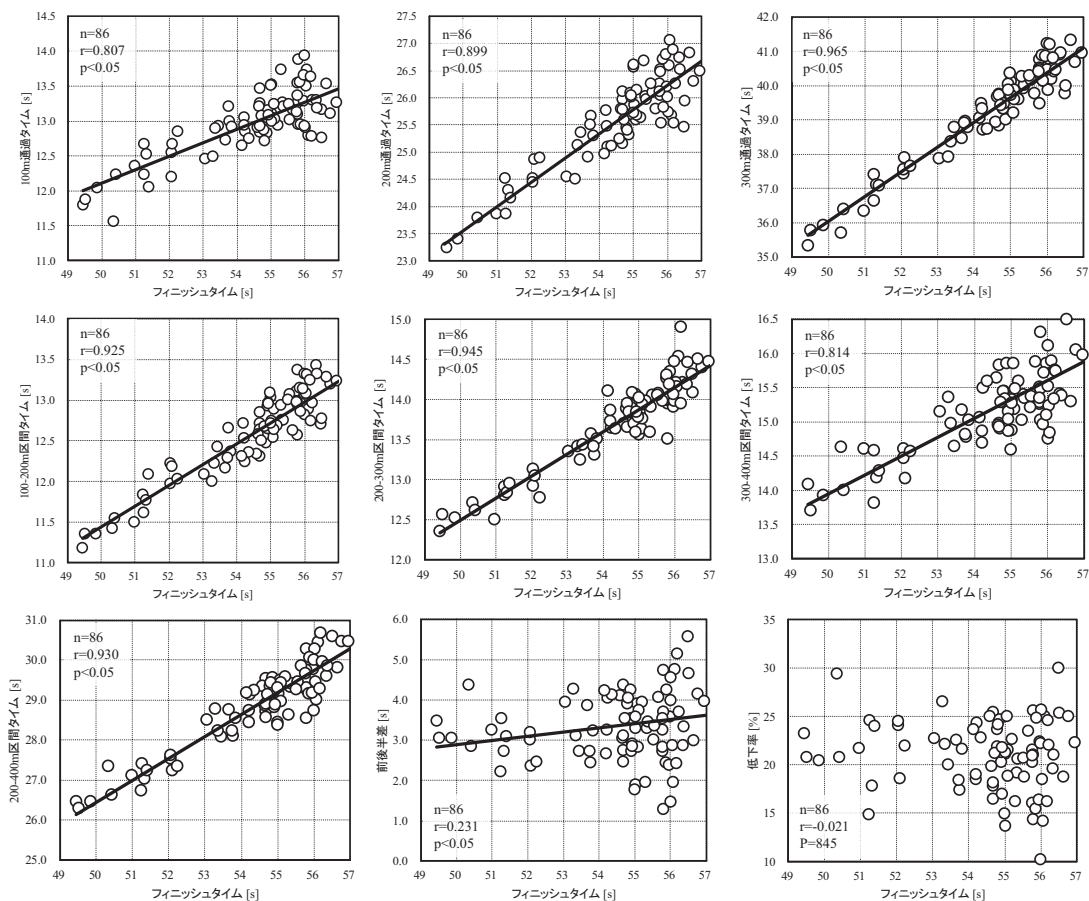


図2 400m走におけるフィニッシュタイムと通過タイム, 区間タイムおよびスピード低下指標との関係(女子)

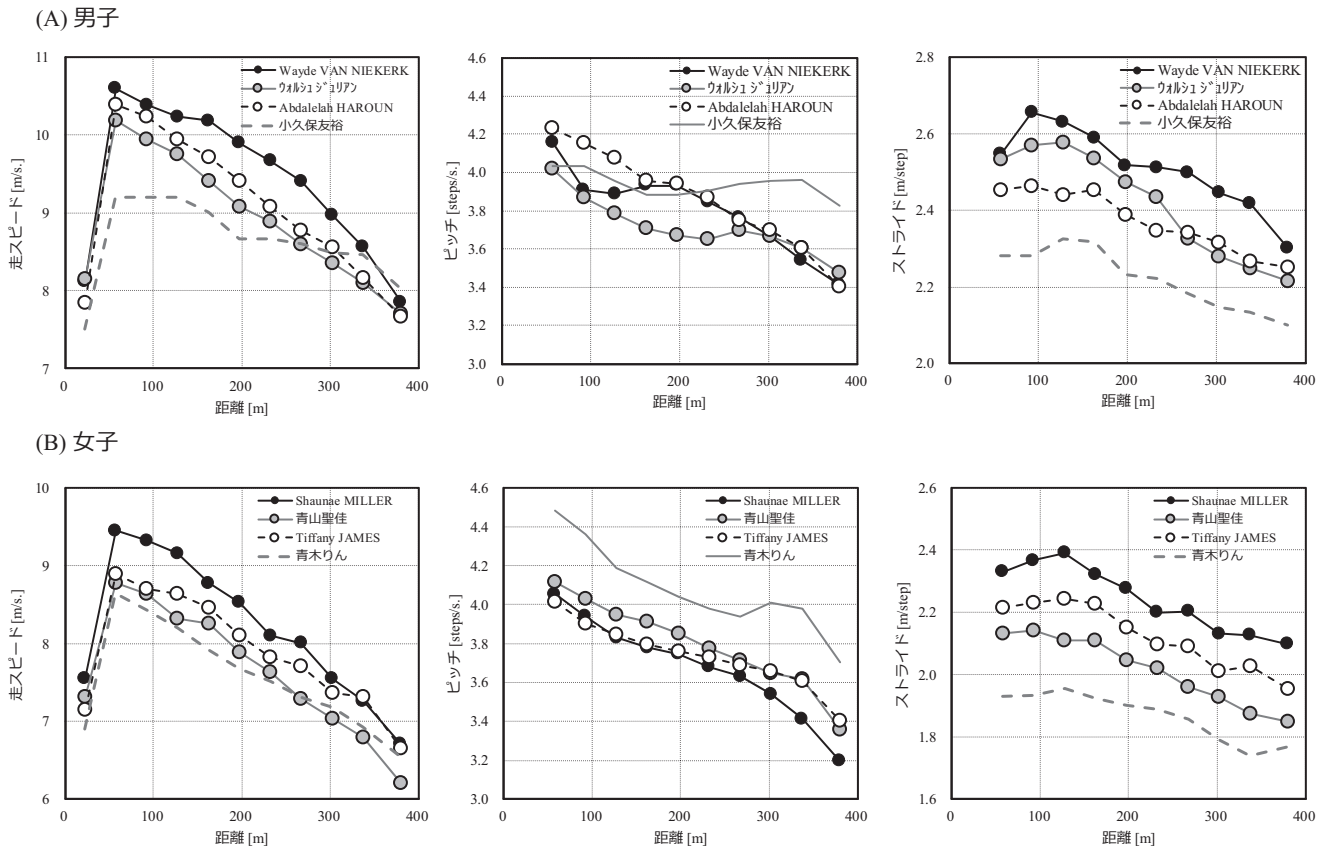


図3 競技レベル別にみた走スピード，ピッチおよびストライドの変化 (A) 男子 (B) 女子

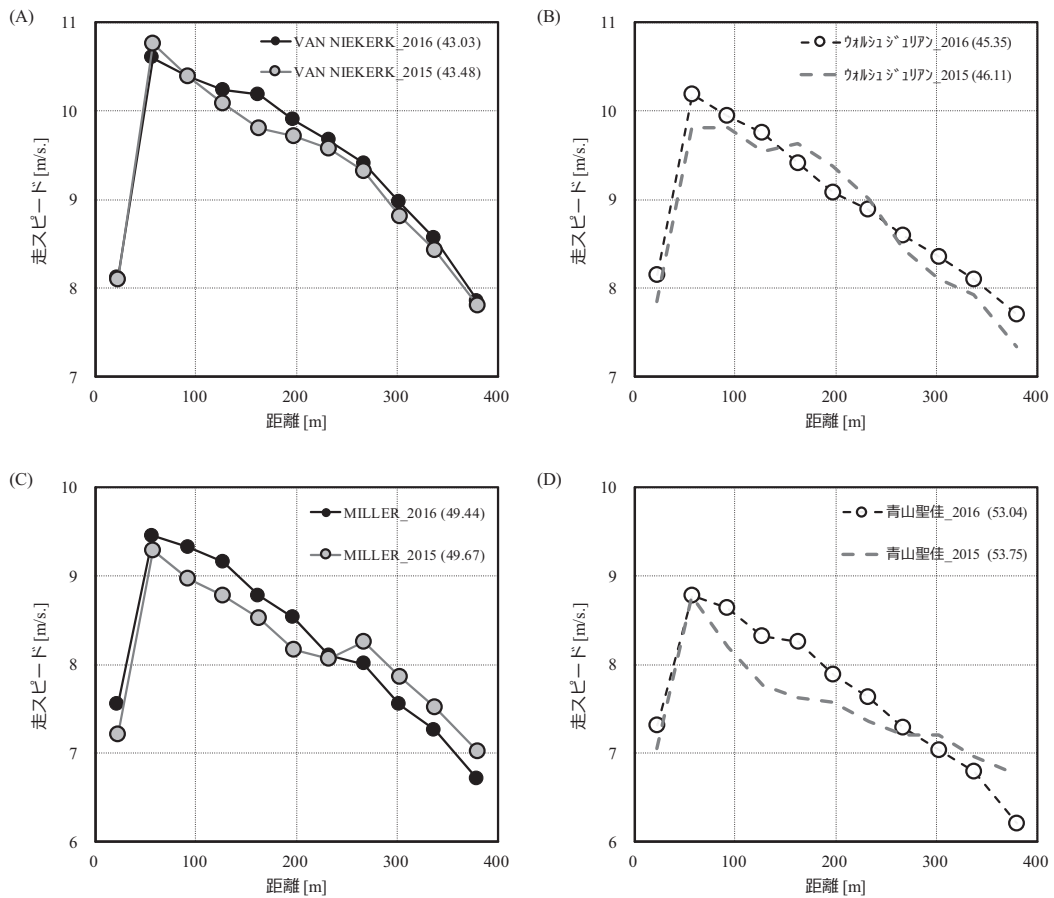


図4 2015年と2016年とのレースパターンの比較

(A) VAN NIEKERK (B) ウォルシュジュリアン (C) MILLER (D) 青山聖佳