

2021年度競技会における男女400m走および300m走のレース分析

山中亮¹⁾ 高橋恭平²⁾ 小林海³⁾ 松林武生⁴⁾ 綿谷貴志⁵⁾

大沼勇人⁶⁾ 丹治史弥⁷⁾ 広川龍太郎⁷⁾

1) 新潟食料農業大学 2) 鹿児島大学 3) 東洋大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 北海道情報大学 6) 関西福祉大学 7) 東海大学

1. はじめに

2021年度は2020年度に引き続き、新型コロナウイルス感染症が国外のみならず国内でも流行した影響により、国民体育大会等の一部の競技会および記録会が中止となったが、徹底した感染拡大防止対策の中で国内における競技会および記録会、そして、東京2020オリンピックも無事に開催された。

東京2020オリンピックには、本稿で対象とする男子400m走を専門とする選手が男子400m走に1名、男子4×400mリレーにチームとして出場した。男子4×400mリレーでは、予選において3分00秒76の日本タイ記録のパフォーマンスを發揮したが、惜しくも決勝進出を逃した。一方、本稿で対象とする女子400m走を専門とする選手達で構成されている女子4×400mリレーチームにおいて、オリンピック参加記録突破を目的としたトライアルを実施し、3分30秒45の日本歴代3位の記録となるパフォーマンスを發揮したが、惜しくも東京五輪出場が叶わなかった。

本稿では、今年度測定対象とした競技会における男女400m走のパフォーマンス分析結果を提示するとともに、今年度の分析結果とこれまでに測定してきた結果とを比較し、今年度の競技会におけるパフォーマンスの傾向を明らかにすることを目的とした。なお、東京2020オリンピック大会は、無観客開催競技会であったため、本委員会の活動を実施できなかった。また、今年度からU18陸上競技大会において300m走が実施されたため、上位に入った男女選手の300m走の分析結果を提示する。

2. 方法

2-1. 対象競技会

対象競技会は、下記6競技会(400m走:5競技会, 300m走:1競技会)とした。

400m走

- ・第36回静岡国際陸上競技大会(5月3日, 静岡)(以下, 「静岡国際」)
- ・Ready Steady Tokyo 東京2020テストイベント(5月9日, 東京)(以下, 「テスト大会」)
- ・Denka Athletics Challenge Cup 2021(6月6日, 新潟)(以下, 「デンカ」)
- ・第105回日本陸上競技選手権大会(6月24-27日, 大阪)(以下, 「日本選手権」)
- ・第37回U20日本陸上競技選手権大会(6月24-27日, 大阪)(以下, 「U20日本選手権」)

300m走

- ・第15回U18陸上競技大会(10月22-24日, 愛媛)(以下, 「U18陸上大会」)

2-2. 対象選手

対象選手は、400m走においては、前述した5つの国内競技会に出場した男女トップレベル選手(男子28名, 女子21名)およびU20陸上大会で入賞したU20男女トップレベル選手(男子5名, 女子5名)とした。300m走においては、前述したU18陸上大会で入賞したU18男女トップレベル選手(男子6名, 女子6名)とした。

2-3. 撮影方法

400m走および300m走のレース時には、3-4台のデジタルビデオカメラ(Lumix DMC-FZ300, Panasonic, Japan, 59.94fps)を用いて、スタートピストルの閃光または発煙を撮影した後に、全選手

をカメラの画角内に収めながら追従撮影を実施した。4台のカメラの設置場所は、第1曲走路の中央付近、バックストレート中央付近、第4曲走路付近、およびホームストレートのフィニッシュライン付近の各スタンドであった。3台のカメラで対応する場合、上記4カ所から、第4局走路付近のスタンドからの撮影カ所を除いた3カ所で実施した。また、後述する分析に用いるために、400m走に関しては400mハードル(400mH)走の全10台のハードル設置位置の映像および静止画像を、300m走に関しては300mハードル(300mH)走の全8台のハードル設置位置の映像および静止画像を、同様の3-4カ所の設置場所から撮影した。

2-4. 分析方法

映像分析には、映像再生・編集ソフト(Quick timePro7, Apple, USA)を用い、全ての地点から撮影した映像を基にスターターの閃光もしくは発煙をゼロフレームとなるように編集した動画を用いた。400m走の分析には、400mH走のハードルの設置位置(45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m, 290m, 325m および 360m 地点) およびフィニッシュライン(400m)の計11地点を分析ポイントとして用いた。300m走の分析には、300mH走のハードルの設置位置(45m, 80m, 115m, 150m, 185m, 220m, 255m および 290m 地点) およびフィニッシュライン(300m)の計9地点を分析ポイントとして用いた。

通過タイムは、各分析ポイントを選手の胴体部分が通過した時点のフレーム数を、編集した映像および400mH走(400m走分析用)もしくは300mH走(300m走分析用)の静止画像から読み取り、撮影のサンプリングレート数で除することによって算出した。また、50m毎の通過タイムを、各地点を挟む前後2つの分析ポイントにおける通過タイムを用いて、時間と距離の直線回帰式にその地点の距離を内挿することによって推定値として算出した(持田ら 2007, 山中ら 2018, 山中ら 2019, 山中ら 2020a)。150m地点の通過タイムのみ、400m走においては400mH走の4台目のハードルの地点の通過タイムを、300m走においては300mH走の4台目のハードル地点の通過タイムをそれぞれ用いた。また、400m走における400m地点の通過タイムおよび300m走における300m地点の通過タイムは公式記録を、それぞれ用いた。さらに、400m走においては、100mおよび200m毎の区間タイムを、300m走においては、100mおよび150m毎の区間タイムをそれぞれ算出した。また、走速度低下の評価指標として、400m走では

レース前半と後半の200m区間タイムの差(以下、「前後半差」)を、300m走ではレース前半と後半の150m区間タイムの差を、それぞれ算出した。

各分析ポイント間(分析区間)の平均走速度(m/秒)は、各分析ポイントの通過タイムから各分析区間に要した時間を算出し、分析区間の距離をその区間に要した時間で除することで求めた。また、400m走においては、先行研究(持田ら 2007, 山中ら 2018, 山中ら 2019, 山中ら 2020a)に倣い、全分析区間における平均走速度の最高値(最高走速度)から325-360m区間の平均走速度を引いた値を最高走速度で除し、100を乗ずることで、走速度低下率を算出した。

データを集団で検討する場合、データは平均値±標準偏差で示した。群間の差異を検討する際には、student's t-testを用いた。また、二変量間の関係性を検討するために、ピアソンの相関係数を用いて分析した。有意水準は5%未満とした。

3. 結果と考察

各対象競技会の男子400m走における分析ポイントの通過タイム、区間タイム、区間平均走速度、および走速度低下率を表1-4(表1:静岡国際男子,表2:テスト大会男子,表3:デンカ男子,表4:日本選手権男子,表5:U20日本選手権男子)に示した。また、女子400m走における同様の項目を表6-10(表6:静岡国際女子,表7:テスト大会女子,表8:デンカ女子,表9:日本選手権女子,表10:U20日本選手権女子)に示した。

図1に、今年度分析した男子400m走の全選手を対象とした400m走の記録と最高走速度、200mの通過タイムおよび走速度低下率との関係をそれぞれ示した。400m走の記録と最高走速度および走速度低下率との間には、それぞれ有意な相関関係が認められなかった。一方、400m走の記録と前半200m通過タイムとの間には、有意($p < 0.05$)な正の相関関係が認められた。2018年度の報告(山中ら 2018)では、400m走の記録と最高走速度との間に有意な負の相関関係が、400m走の記録と200m通過タイムとの間に有意な正の相関関係が認められたため、今年度の結果は以前の報告とは異なるものとなった。また、2020年度の報告(山中ら 2020a)では、400m走の記録と最高走速度および前半200m通過タイムとの間に有意な相関関係が認められず、400m走の記録と走速度低下率との間に有意な正の相関関係が認められていた。これまでの報告と異なる要因

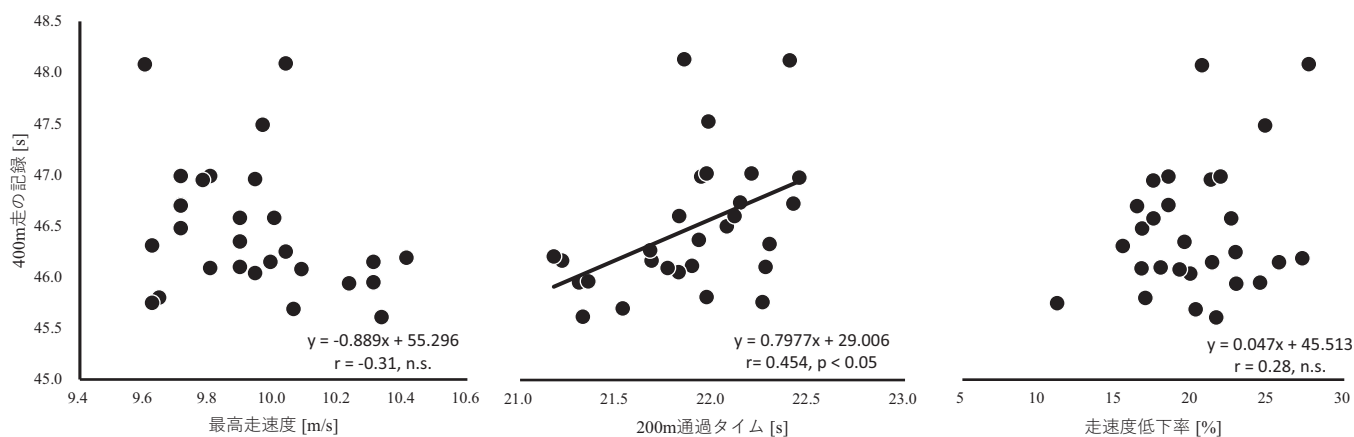


図1. 男子 400m 走の記録と最高走速度，前半 200m の通過タイム，および走速度低下率との関係

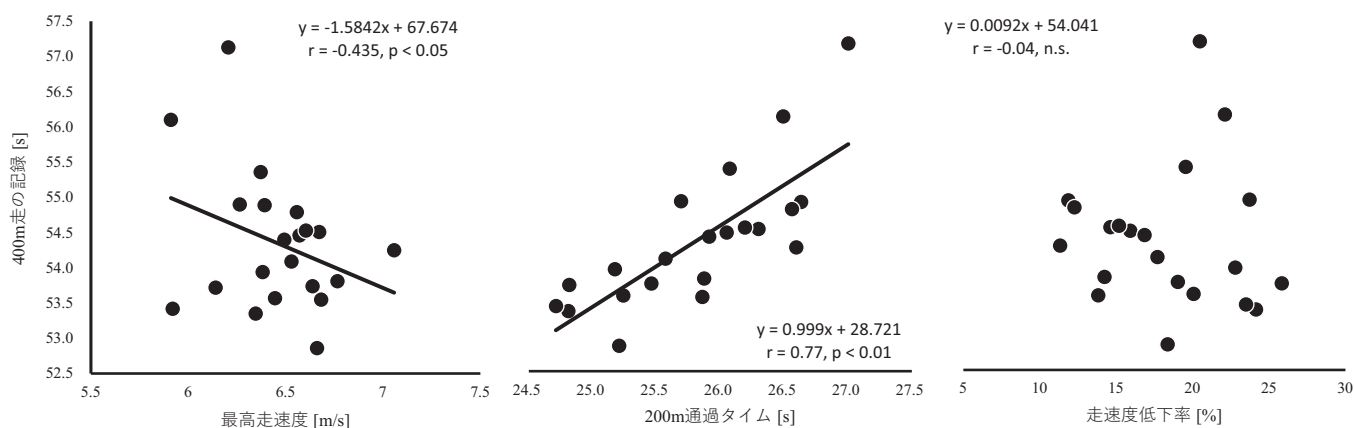


図2. 女子 400m 走の記録と最高走速度，前半 200m の通過タイム，および走速度低下率との関係

として、2021 年度においては、前半から積極的に走るが、最高走速度ではなく 200m 通過タイムを意識して速く走っていた選手が多かったことが考えられる。実際に、2020 年度（記録の差異をなくすためにデータの一部のみを抜粋）と 2021 年度の競技会におけるデータを比較したところ、400m 走の記録、最高走速度、前後半差および走速度の低下率には差が認められないが、2021 年度の方が 2020 年度よりも前半 200m の通過タイムが短い傾向を示した（表 13）。本研究で分析対象となった選手は、ほぼ全ての選手が東京オリンピック 4 × 400m リレーの日本代表候補選手である。400m 走ではないが 4 × 400m リレーのパフォーマンスを分析した報告（小林ら 2019）で明らかにされているように、4 × 400m リレーで高い競技パフォーマンスを発揮するためにも、400m 走における前半の 200m を積極的に走るが、後半の走速度の低下をできるだけ最小限にすることが望ましいことであると考えられる。

図 2 には、今年度分析を行った女子 400m 走の全選手を対象とした 400m 走の記録と 200m の通過タイム、最高走速度および走速度低下率との関係を示し

た。400m 走の記録は、最高走速度との間に有意 ($p < 0.05$) な負の相関関係が、200m の通過タイムとの間に有意 ($p < 0.01$) な正の相関関係が認められた。一方、400m 走の記録と走速度低下率との間には、有意な相関関係が認められなかった。400m 走の記録と各分析項目との関係は、2020 年度の報告（山中ら 2020a）と同様の傾向を示した。女子選手も男子選手と同様に、2021 年度と 2020 年度におけるデータを比較した。その結果、2021 年度と 2020 年度における 400m 走の記録、最高走速度および走速度の低下率には有意な差異が認められないが、2021 年度では 2020 年度よりも、前半 200m の通過タイムが有意 ($p < 0.05$) に大きく、そして、前後半差が有意 ($p < 0.05$) に小さく、そして、走速度低下率が小さくなる傾向 ($p = 0.08$) となったことが明らかとなった（表 14）。本研究で対象となった選手は、ほぼ全ての選手が女子 4 × 400m リレーの日本代表候補選手である。昨年度的女子マイルリレーに関する報告書（山中ら 2020b）で述べられているように、女子 4 × 400m リレーの 2-4 走者における前半の 200m を短いタイムで通過することがレースを

表 1. 静岡国際陸上競技大会男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 一組目, 下段: 二組目)

選手名	記録	上段: 50m 毎通過タイム [s]			中段: 50m 毎区間タイム [s]			下段: 35m 毎区間平均速度 [m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		(0-45m)	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		(100-200m)	100m 毎 (200-300m)	200m 毎 (300-400m)	200m 毎 (200-400m)	前後半差
河内光起 (大阪ガス)	46.10	-	6.34	11.43	16.58	-	21.89	27.49	-	33.45	39.56	46.10	17.99	10.46	11.55	12.65	24.21	2.31
	-	6.34	5.09	5.15	-	5.31	5.60	-	5.96	6.11	6.54							
	7.71	9.90	9.74	9.69	9.49	9.24	8.74	8.39	8.24	8.12	7.53							
野瀬大輝 (立命館大)	46.35	-	6.16	11.28	16.53	-	21.93	27.57	-	33.49	39.64	46.35	19.54	10.65	11.56	12.86	24.42	2.49
	-	6.16	5.12	5.25	-	5.40	5.64	-	5.92	6.15	6.71							
	7.96	9.90	9.58	9.49	9.37	9.04	8.76	8.44	8.29	7.96	7.34							
北谷直輝 (東京陸協)	46.96	-	6.31	11.37	16.50	-	21.94	27.67	-	33.62	39.88	46.96	21.27	10.57	11.68	13.34	25.02	3.08
	-	6.31	5.06	5.13	-	5.44	5.72	-	5.96	6.26	7.08							
	7.75	9.94	9.80	9.71	9.32	8.89	8.63	8.43	8.16	7.83	6.89							
小林直己 (HULFT Pte.)	46.99	-	6.32	11.49	16.77	-	22.20	27.86	-	33.85	40.09	46.99	18.49	10.72	11.65	13.14	24.79	2.58
	-	6.32	5.17	5.28	-	5.44	5.65	-	5.99	6.24	6.90							
	7.75	9.71	9.62	9.41	9.28	9.00	8.74	8.36	8.10	7.92	7.10							
佐藤風雅 (那須環境)	46.99	-	6.20	11.32	16.53	-	21.97	27.64	-	33.55	39.90	46.99	21.90	10.65	11.58	13.44	25.02	3.05
	-	6.20	5.12	5.21	-	5.44	5.67	-	5.91	6.35	7.09							
	7.91	9.80	9.71	9.54	9.28	9.00	8.70	8.53	8.10	7.66	6.92							
小淵瑞樹 (登利平AC)	48.08	-	6.24	11.49	16.85	-	22.40	28.14	-	34.18	40.54	48.08	20.69	10.91	11.78	13.90	25.68	3.28
	-	6.24	5.25	5.36	-	5.55	5.74	-	6.04	6.36	7.54							
	7.86	9.60	9.43	9.28	9.04	8.93	8.58	8.28	8.13	7.61	6.42							
井本佳伸 (東海大)	48.09	-	6.00	11.01	16.23	-	21.85	27.68	-	33.79	40.41	48.09	27.68	10.84	11.94	14.30	26.24	4.38
	-	6.00	5.01	5.22	-	5.62	5.83	-	6.11	6.63	7.68							
	8.17	10.04	9.90	9.45	8.97	8.74	8.48	8.24	7.86	7.26	6.35							

表 2. Ready Steady Tokyo 東京 2020 テストイベント男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段: 50m 毎通過タイム [s]			中段: 50m 毎区間タイム [s]			下段: 35m 毎区間平均速度 [m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		(0-45m)	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		(100-200m)	100m 毎 (200-300m)	200m 毎 (300-400m)	200m 毎 (200-400m)	前後半差
佐藤拳太郎 (富士通)	45.61	-	6.04	10.93	15.97	-	21.33	27.03	-	32.97	39.11	45.61	21.62	10.39	11.64	12.64	24.28	2.96
	-	6.04	4.90	5.03	-	5.36	5.71	-	5.94	6.14	6.50							
	8.10	10.33	10.04	9.90	9.49	8.97	8.63	8.46	8.19	8.10	7.59							
伊東利来也 (三菱マテリアル)	46.15	-	6.02	10.92	15.93	-	21.22	26.88	-	32.86	39.23	46.15	25.73	10.30	11.64	13.29	24.93	3.71
	-	6.02	4.90	5.01	-	5.29	5.66	-	5.98	6.38	6.92							
	8.12	10.31	10.06	9.94	9.67	9.00	8.72	8.41	8.04	7.66	7.13							
川端魁人 (三重県教員)	46.25	-	6.17	11.19	16.35	-	21.68	27.14	-	32.97	39.25	46.25	22.88	10.49	11.29	13.28	24.57	2.90
	-	6.17	5.02	5.16	-	5.33	5.47	-	5.82	6.28	7.00							
	7.93	10.04	9.85	9.62	9.45	9.24	9.08	8.63	8.19	7.74	7.01							
池田弘佑 (あすなろ会)	46.58	-	6.25	11.27	16.40	-	21.83	27.49	-	33.42	39.77	46.58	22.60	10.55	11.59	13.16	24.75	2.93
	-	6.25	5.03	5.12	-	5.43	5.66	-	5.93	6.35	6.81							
	7.83	10.00	9.86	9.71	9.32	8.97	8.74	8.51	8.02	7.74	7.24							
河内光起 (大阪ガス)	46.71	-	6.29	11.46	16.73	-	22.14	27.89	-	33.87	40.08	46.71	18.49	10.68	11.73	12.84	24.57	2.42
	-	6.29	5.18	5.27	-	5.41	5.75	-	5.98	6.21	6.63							
	7.80	9.71	9.58	9.45	9.37	8.97	8.53	8.39	8.19	7.92	7.45							
坂鼻航平 (Accel)	47.49	-	6.17	11.23	16.42	-	21.98	27.75	-	33.82	40.37	47.49	24.82	10.75	11.84	13.67	25.51	3.53
	-	6.17	5.06	5.19	-	5.56	5.77	-	6.07	6.55	7.12							
	7.93	9.97	9.78	9.58	9.08	8.78	8.60	8.33	7.77	7.49	6.92							

表 3. Denka Athletics Challenge Cup 2021 男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 一組目, 中段: 二組目, 下段: 三組目)

選手名	記録	上段:50m毎通過タイム[s]			中段:50m毎区間タイム[s]			下段:35m毎区間平均速度[m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム[s]				
		(0-45m)	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		(100-200m)	100m毎 (200-300m)	200m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
中島佑気シヨセフ (東洋大)	46.09	-	6.43	11.58	16.83	-	22.28	27.82	-	33.63	39.68	46.09	16.73	10.70	11.35	12.46	23.81	1.54
	-	6.43	5.15	5.25	-	5.44	5.55	-	5.81	6.05	6.41							
	7.60	9.80	9.58	9.49	9.24	9.06	8.98	8.63	8.36	8.16	7.72							
山本伝説 (RUDOLF)	45.69	-	6.20	11.19	16.25	-	21.53	27.03	-	32.84	38.94	45.69	20.27	10.34	11.31	12.85	24.16	2.62
	-	6.20	4.99	5.06	-	5.28	5.50	-	5.81	6.10	6.75							
	7.89	10.06	9.97	9.85	9.58	9.20	9.02	8.62	8.37	8.02	7.27							
鈴木碧斗 (東洋大)	45.94	-	6.08	10.98	15.98	-	21.31	26.83	-	32.70	38.93	45.94	22.93	10.32	11.40	13.24	24.63	3.33
	-	6.08	4.90	5.00	-	5.32	5.52	-	5.87	6.23	7.01							
	8.05	10.23	10.13	9.94	9.49	9.16	8.98	8.55	8.18	7.89	6.97							
ウォルシュジュリアン (富士通)	45.80	-	6.39	11.57	16.77	-	21.97	27.29	-	32.98	39.13	45.80	16.98	10.39	11.01	12.82	23.83	1.86
	-	6.39	5.18	5.19	-	5.20	5.32	-	5.69	6.15	6.67							
	7.66	9.65	9.65	9.62	9.62	9.58	9.28	8.87	8.26	8.01	7.38							
佐藤拳太郎 (富士通)	45.95	-	6.17	11.07	16.13	-	21.35	26.89	-	32.90	39.25	45.95	24.49	10.28	11.55	13.05	24.60	3.24
	-	6.17	4.90	5.06	-	5.22	5.54	-	6.01	6.35	6.70							
	7.91	10.31	10.06	9.80	9.67	9.37	8.81	8.36	7.98	7.78	7.38							
佐藤風雅 (那須環境)	46.04	-	6.22	11.27	16.43	-	21.82	27.37	-	33.26	39.43	46.04	19.92	10.55	11.44	12.78	24.22	2.39
	-	6.22	5.05	5.16	-	5.39	5.54	-	5.89	6.17	6.61							
	7.88	9.94	9.83	9.62	9.32	9.16	8.93	8.49	8.24	7.96	7.48							
伊東利来也 (三菱マテリアル)	46.15	-	6.24	11.26	16.35	-	21.68	27.25	-	33.19	39.46	46.15	21.35	10.42	11.50	12.96	24.47	2.78
	-	6.24	5.02	5.09	-	5.33	5.56	-	5.94	6.27	6.69							
	7.84	9.99	9.90	9.80	9.45	9.20	8.85	8.46	8.08	7.86	7.38							
川端魁人 (三重県教員)	46.19	-	6.16	10.99	15.93	-	21.18	26.69	-	32.67	39.12	46.19	27.26	10.19	11.50	13.52	25.01	3.84
	-	6.16	4.83	4.95	-	5.24	5.51	-	5.99	6.45	7.07							
	7.92	10.41	10.28	10.04	9.67	9.24	8.97	8.39	7.95	7.57	6.96							
河内光起 (大阪ガス)	46.31	-	6.34	11.55	16.85	-	22.30	27.88	-	33.77	39.87	46.31	15.50	10.74	11.48	12.54	24.01	1.72
	-	6.34	5.21	5.30	-	5.45	5.59	-	5.89	6.10	6.44							
	7.73	9.62	9.56	9.39	9.24	9.04	8.89	8.49	8.28	8.13	7.68							

表 4. 日本陸上競技選手権大会男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	上段:50m毎通過タイム[s]			中段:50m毎区間タイム[s]			下段:35m毎区間平均速度[m/s]					走速度低下率 [%]	区間タイム[s]				
		(0-45m)	50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	(150-185m)	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		(100-200m)	100m毎 (200-300m)	200m毎 (300-400m)	200m毎 (200-400m)	前後半差
川端魁人 (三重県教員)	45.75	-	6.34	11.55	16.80	-	22.26	27.92	-	33.66	39.50	45.75	11.20	10.71	11.40	12.09	23.49	1.23
	-	6.34	5.21	5.25	-	5.46	5.66	-	5.75	5.84	6.25							
	7.73	9.62	9.58	9.49	9.24	8.97	8.76	8.72	8.58	8.55	7.88							
佐藤拳太郎 (富士通)	46.08	-	6.18	11.18	16.33	-	21.77	27.46	-	33.45	39.57	46.08	19.22	10.59	11.69	12.63	24.31	2.55
	-	6.18	5.00	5.15	-	5.43	5.69	-	5.99	6.12	6.51							
	7.91	10.09	9.90	9.62	9.32	8.93	8.69	8.34	8.19	8.15	7.57							
鈴木碧斗 (東洋大)	46.48	-	6.15	11.32	16.57	-	22.07	27.78	-	33.78	39.93	46.48	16.76	10.75	11.71	12.70	24.41	2.33
	-	6.15	5.17	5.25	-	5.51	5.71	-	6.00	6.15	6.55							
	7.98	9.71	9.62	9.49	9.16	8.89	8.67	8.34	8.18	8.08	7.53							
伊東利来也 (三菱マテリアル)	46.58	-	6.28	11.36	16.60	-	22.11	27.91	-	33.90	40.00	46.58	17.51	10.76	11.78	12.68	24.47	2.35
	-	6.28	5.08	5.24	-	5.52	5.80	-	5.99	6.10	6.58							
	7.80	9.90	9.76	9.45	9.22	8.72	8.56	8.36	8.23	8.16	7.47							
佐藤風雅 (那須環境)	46.70	-	6.29	11.47	16.82	-	22.42	28.18	-	34.09	40.17	46.70	16.44	10.95	11.67	12.61	24.28	1.86
	-	6.29	5.19	5.34	-	5.60	5.76	-	5.91	6.08	6.53							
	7.80	9.71	9.54	9.28	9.00	8.74	8.65	8.46	8.34	8.12	7.55							
池田弘佑 (あすなる会)	46.95	-	6.38	11.53	16.85	-	22.45	28.26	-	34.22	40.35	46.95	17.50	10.92	11.77	12.73	24.50	2.05
	-	6.38	5.15	5.32	-	5.60	5.81	-	5.96	6.13	6.60							
	7.66	9.78	9.60	9.32	9.04	8.67	8.56	8.41	8.24	8.07	7.46							

表 5. U20 日本陸上競技選手権大会男子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	区間タイム [s]										走速度低下率 [%]	区間タイム [s]				
		50m (45-80m)	100m (80-115m)	150m (115-150m)	150-185m	200m (185-220m)	250m (220-255m)	(255-290m)	300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)		100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	300-400m	200m毎 (200-400m)	前後半差
吉木翼 (東葛飾高)	46.58	6.22	11.27	16.45	-	21.86	27.36	-	33.18	39.58	46.58	23.69	10.59	11.32	13.40	24.72	2.86
	6.22	5.05	5.18	-	5.41	5.50	-	5.82	6.41	7.00							
	9.94	9.83	9.58	9.28	9.16	9.04	8.70	8.04	7.59	7.04							
木下祐一 (法政大)	46.74	6.22	11.48	16.86	-	22.46	28.22	-	34.13	40.29	46.74	15.90	10.98	11.67	12.61	24.28	1.81
	6.22	5.26	5.38	-	5.60	5.75	-	5.92	6.15	6.45							
	9.56	9.43	9.24	8.98	8.78	8.63	8.49	8.21	8.04	7.68							
森本錬 (比叡山高)	47.76	6.19	11.36	16.71	-	22.36	28.25	-	34.44	40.85	47.76	20.52	11.00	12.08	13.32	25.40	3.04
	6.19	5.17	5.35	-	5.65	5.89	-	6.19	6.41	6.91							
	9.76	9.56	9.26	8.95	8.62	8.41	8.10	7.84	7.76	7.12							
喜代田悠輝 (龍谷大)	47.86	6.69	12.19	17.83	-	23.61	29.42	-	35.32	41.42	47.86	11.03	11.42	11.71	12.54	24.25	0.64
	6.69	5.50	5.65	-	5.77	5.81	-	5.90	6.10	6.44							
	9.12	9.04	8.78	8.67	8.63	8.60	8.51	8.28	8.12	7.68							
葛西蔵輝 (順天堂大)	48.23	6.48	11.88	17.42	-	23.19	29.07	-	35.14	41.44	48.23	15.36	11.31	11.95	13.09	25.04	1.85
	6.48	5.41	5.53	-	5.77	5.88	-	6.07	6.30	6.79							
	9.28	9.20	8.97	8.70	8.56	8.46	8.28	8.02	7.86	7.25							

表 6. 静岡国際陸上競技大会女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率 (上段: 一組目, 下段: 二組目)

選手名	記録	区間タイム [s]										走速度低下率 [%]	区間タイム [s]					
		上段: 50m 毎通過タイム [s]		中段: 50m 毎区間タイム [s]				下段: 35m 毎区間平均速度 [m/s]					300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	300-400m
岩田優奈 (スズキ)	54.51	-	7.04	13.26	19.69	-	26.30	33.03	-	39.94	47.08	54.51	14.62	13.04	13.64	14.57	28.21	1.91
	-	7.04	6.22	6.43	-	6.61	6.73	-	6.92	7.14	7.43							
	7.01	8.16	7.86	7.74	7.60	7.47	7.41	7.26	7.04	6.97	6.67							
久保山晴菜 (今村病院)	54.90	-	6.87	12.73	18.99	-	25.69	32.58	-	39.67	47.02	54.90	23.73	12.96	13.97	15.23	29.21	3.52
	-	6.87	5.87	6.25	-	6.71	6.88	-	7.09	7.35	7.88							
	7.15	8.76	8.19	7.92	7.52	7.31	7.23	7.06	6.92	6.68	6.26							
大島愛梨 (中央大)	56.10	-	7.27	13.33	19.75	-	26.49	33.36	-	40.39	47.80	56.10	22.12	13.16	13.90	15.71	29.61	3.11
	-	7.27	6.06	6.42	-	6.74	6.87	-	7.03	7.41	8.30							
	6.74	8.39	8.04	7.68	7.47	7.31	7.26	7.14	6.97	6.54	5.91							
武石この実 (東邦銀行)	57.13	-	7.12	13.35	20.00	-	27.00	34.18	-	41.58	49.16	57.13	20.47	13.65	14.58	15.55	30.13	3.12
	-	7.12	6.23	6.65	-	7.00	7.18	-	7.40	7.58	7.97							
	6.91	8.24	7.71	7.44	7.21	6.99	6.95	6.77	6.64	6.56	6.21							

表 7. Ready Steady Tokyo 東京 2020 テストイベント女子 400m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度, および走速度低下率

選手名	記録	区間タイム [s]										走速度低下率 [%]	区間タイム [s]					
		上段: 50m 毎通過タイム [s]		中段: 50m 毎区間タイム [s]				下段: 35m 毎区間平均速度 [m/s]					300m (290-325m)	350m (325-360m)	400m (360-400m)	100m毎 (100-200m)	100m毎 (200-300m)	300-400m
小林菜由 (J. VIC)	53.55	-	7.14	13.25	19.45	-	25.86	32.42	-	39.17	46.15	53.55	13.83	12.61	13.31	14.38	27.69	1.83
	-	7.14	6.11	6.20	-	6.41	6.56	-	6.74	6.98	7.40							
	6.89	8.21	8.13	8.04	7.86	7.68	7.57	7.44	7.25	7.08	6.68							
松本奈菜子 (東邦銀行)	53.74	-	6.96	12.88	19.05	-	25.46	32.17	-	39.14	46.27	53.74	19.04	12.58	13.68	14.60	28.28	2.82
	-	6.96	5.92	6.17	-	6.41	6.71	-	6.97	7.13	7.47							
	7.06	8.58	8.24	8.04	7.89	7.61	7.35	7.17	7.08	6.95	6.64							
大島愛梨 (中央大)	54.25	-	7.20	13.43	19.87	-	26.60	33.42	-	40.28	47.19	54.25	11.34	13.17	13.69	13.97	27.65	1.06
	-	7.20	6.23	6.44	-	6.73	6.82	-	6.87	6.91	7.06							
	6.83	8.13	7.89	7.71	7.47	7.36	7.31	7.28	7.26	7.21	7.06							
川田朱夏 (東大阪大)	54.46	-	7.05	13.18	19.49	-	26.05	32.80	-	39.74	46.92	54.46	15.93	12.87	13.69	14.72	28.41	2.36
	-	7.05	6.13	6.31	-	6.56	6.75	-	6.94	7.18	7.54							
	6.99	8.19	8.10	7.86	7.68	7.47	7.36	7.23	7.04	6.89	6.57							
新宅麻未 (アットホーム)	54.89	-	7.15	13.49	20.00	-	26.63	33.37	-	40.18	47.21	54.89	11.87	13.15	13.54	14.71	28.26	1.62
	-	7.15	6.34	6.51	-	6.63	6.73	-	6.81	7.03	7.68							
	6.90	7.96	FALSE	7.63	7.57	7.47	7.40	7.37	7.21	7.02	6.39							
武石この実 (東邦銀行)	55.36	-	7.01	13.12	19.47	-	26.07	32.97	-	40.15	47.58	55.36	19.55	12.96	14.07	15.21	29.29	3.21
	-	7.01	6.11	6.35	-	6.60	6.90	-	7.18	7.44	7.78							
	7.02	8.29	8.04	7.80	7.67	7.35	7.18	6.99	6.78	6.67	6.37							

有利に進めることができ、結果として高い競技パフォーマンスに結び付くと考えられる。2020年度と比較して2021年度では、前後半差が短く、そして、走速度低下率も小さくなった傾向を示したことから、前半から積極的に走る前半型の選手が分析対象となった選手の中に少ないことも考えられる。しかしながら、400m走において、前半の200mを速いタイムで通過していくことによって400mの良い記録に繋がっていくと考えられるため、男子同様に後半の走速度の低下をできるだけ最小限にしつつ、前半の200mをより積極的に走ることが望ましいことであると考えられる。

U20の400m選手のデータは、数が少ないため、男女とも上位入賞者2名に着目して述べていく。表5で示しているように、優勝した吉木選手（東葛飾高）は、最高走速度が9.94m/秒を出しており、決勝における上位5名の中で最も高い最高走速度を出していた。また、前半200m通過タイムも唯一の21秒台である21.86秒であり、前半から積極的に走った結果、走速度の低下率が決勝の上位5名中5番手（23.69%）ではあったものの、優勝に繋がったのではないかと考えられる。二位に入賞した木下選手（法政大）は、最高走速度（9.56m/秒）、前半200m通過タイム（22.46秒）、および走速度の低下率（15.90%）が決勝における上位5名の中でそれぞれ3番手の値を示したことから、前半やや積極的に走り後半まで走速度を維持できたことが二位入賞に繋がったのではないかと考えられる。これまでの報告書（小林ら2020、山中ら2020a）で示されているように、U20の選手においても、最高走速度を高め前半200m通過タイムを短縮することができれば、更なる記録の短縮に繋がっていくと考えられる。女子においては、表10に示したように、優勝した須藤選手（日体大）は、最高走速度（8.05m/秒）、前半200m通過タイム（26.31秒）、および走速度の低下率（14.45%）が決勝における上位5名の中でそれぞれ3番手の値を示したことから、前半やや積極的に走り後半まで走速度を維持できたことが優勝に繋がったのではないかと考えられる。二位に入賞したタネル選手（埼玉栄高）は、最高走速度（7.95m/秒）および前半200m通過タイム（26.60秒）が決勝における上位5名中4番手ではあったものの、走速度の低下率が上位5名の中で最も小さかったことから、後半においても走速度を維持できたことが二位入賞に繋がったのではないかと考えられる。女子選手においても、これまで報告（小林ら2020、山中ら2020a）されているように、U20女子選手におい

ても、男子選手と同様に前半における最高走速度を高め前半の200m通過タイムを短縮することが、更なる記録の短縮に繋がると考えられる。

U18陸上大会における男子300m走における分析ポイントの通過タイム、区間タイム、区間平均走速度を表11に、女子300m走における同分析項目を表12に示した。今回分析を行った全ての選手において、男女ともに、走速度は45-80m地点で最高値が出現し、フィニッシュに向けて低下していく傾向を示した。300m走の記録と最高走速度の関係を分析したところ（図3）、今回は分析者数が少ないために、相関係数が大きい（男子： $r = -0.41$ 、女子： $r = -0.62$ ）が統計的に有意な相関関係を示さなかった。200m走（高橋ら2020）と400m走（山中ら2018、小林ら2020）において、記録と最高走速度との間にそれぞれで有意な負の相関関係が認められることが報告されていることから、その中間の距離となる300m走においても、最高走速度が記録を決定する強い要因となる可能性が考えられる。また、300m走の記録と100m、150mおよび200mの通過タイムとの間には、統計的に有意ではないが、相関係数が大きい傾向（100m；男子： $r = 0.61$ 、女子： $r = 0.69$ 、150m；男子： $r = 0.64$ 、女子： $r = 0.73$ 、200m；男子： $r = 0.75$ 、女子： $r = 0.70$ ）を示した（図4）。300m走の200m地点においては、フィニッシュまで残り100m地点のため、300m走の記録との相関係数が高くなることが推測できる。さらに、300m走の記録と中間地点である150m地点だけではなく100m地点の通過タイムとの間の相関係数がそれぞれ大きいことから、300m走においては、400m走以上に初めの100mの通過タイムや中間地点である150mの通過タイムが記録を決定する強い要因となる可能性が考えられる。300m走に関して、今年度から取り入れられた種目のため、次年度以降からもデータを蓄積し、レースの傾向と、記録と各分析項目との関係を明らかにしていく必要があると考えられる。

まとめ

本稿では、2021年度における国内外の男女400m走および300m走のレースを分析した。主な結果は以下のとおりである。

- ①男子400m走では、400m走の記録と最高走速度および走速度低下率の間には、それぞれ有意な相関関係が認められなかったが、400m走の記録と前半200m通過タイムの間には、有意（ $p < 0.05$ ）な正の相関関係が認められた。

- ②女子 400m 走では、400m 走の記録と最高走速度との間に有意な負の相関関係が、400m 走の記録と 200m の通過タイムとの間に有意な正の相関関係が認められた。一方、400m 走の記録と走速度低下率との間には、有意な相関関係が認められなかった。
- ③ U18 における男女 300m 走において、記録と最高走速度および 100m、150m の通過タイム（中間地点）との間の相関係数は、統計学的に有意ではないが大きい傾向をそれぞれ示した。

における女子 4 × 400m リレーのレース分析． 陸上競技研究紀要, 16: 109-113

参考文献

- 小林 海・山中 亮・大沼勇人・高橋恭平・渡辺圭祐・山本真帆・松林武夫・広川龍太郎・山村貴彦 (2019) 2019 年シーズンにおける男子 4 × 400m リレーのレース分析 ～横浜世界リレーとドーハ世界選手権の分析結果について～． 陸上競技研究紀要, 15: 181-190
- 小林 海・大沼勇人・高橋恭平・山中 亮・綿谷貴志・松林武生・広川龍太郎 (2020) 全国高等学校陸上競技大会 2020 兼 U20 全国陸上競技大会における男女短距離種目のレース分析． 陸上競技研究紀要, 16: 97-108
- 高橋恭平・広川龍太郎・小林 海・山中 亮・大沼勇人・松林武生・綿谷貴志 (2020) 国内トップスプリンターにおける 2020 年シーズンの 200m レース分析． 陸上競技研究紀要, 16: 99-96
- 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
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・渡辺圭祐・広川龍太郎・松林武生・松尾彰文 (2018) 2018 年度競技会における男女 400m のレース分析． 陸上競技研究紀要, 14: 110-122
- 山中 亮・高橋恭平・小林海・松林武生・渡辺圭祐・山本真帆・渡辺圭祐・大沼勇人・綿谷貴志・広川龍太郎 (2019) 2019 年度競技会における男女 400m のレース分析． 陸上競技研究紀要, 15: 158-167
- 山中 亮・小林海・高橋恭平・松林武生・綿谷貴志・大沼勇人・山本真帆・笠井信一・広川龍太郎 (2020a) 2020 年度競技会における男女 400m のレース分析． 陸上競技研究紀要, 16: 114-121
- 山中 亮・小林海・大沼勇人・高橋恭平・渡辺圭祐・松林武生・広川龍太郎 (2020b) 2019 年シーズン

表 11. U18 陸上競技大会男子 300m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度

選手名	記録	上段:50m毎通過タイム [s] 中段:50m毎区間タイム [s] 下段:35m毎区間平均速度[m/s]								区間タイム [s]							
		50m		100m		150m		200m		250m		300m		100m毎		150m毎	
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(100-200m)	(200-300m)	(150-300m)	後半	前半		
平川慧 (コザ高)	33.56	-	6.23	11.23	16.42	-	21.80	27.47	-	33.56	-	-	-	-	-	-	-
	-	6.23	5.00	5.18	-	5.38	5.67	-	6.09	-	-	-	10.57	11.76	17.14	0.73	
	7.84	10.11	9.85	9.56	9.39	9.06	8.67	8.29	7.73	-	-	-	-	-	-	-	
高須楓翔 (成田)	33.64	-	6.06	11.03	16.31	-	21.83	27.56	-	33.64	-	-	-	-	-	-	-
	-	6.06	4.97	5.28	-	5.52	5.73	-	6.08	-	-	-	10.80	11.81	17.33	1.02	
	8.08	10.26	9.78	9.34	9.12	8.90	8.61	8.29	7.85	-	-	-	-	-	-	-	
山本嶺心 (洛南高)	33.68	-	6.23	11.30	16.53	-	21.90	27.56	-	33.68	-	-	-	-	-	-	-
	-	6.23	5.06	5.24	-	5.37	5.66	-	6.12	-	-	-	10.61	11.78	17.15	0.61	
	7.85	9.97	9.74	9.47	9.37	9.18	8.62	8.26	7.71	-	-	-	-	-	-	-	
清水壮 (東京高)	33.87	-	6.27	11.31	16.67	-	22.21	27.86	-	33.87	-	-	-	-	-	-	-
	-	6.27	5.04	5.36	-	5.54	5.65	-	6.01	-	-	-	10.90	11.66	17.20	0.54	
	7.80	10.09	9.69	9.18	9.04	8.97	8.78	8.36	7.97	-	-	-	-	-	-	-	
渋谷寛也 (木造高)	34.02	-	6.13	11.09	16.32	-	21.81	27.61	-	34.02	-	-	-	-	-	-	-
	-	6.13	4.96	5.22	-	5.49	5.81	-	6.41	-	-	-	10.71	12.21	17.70	1.39	
	7.98	10.21	9.87	9.45	9.24	8.81	8.48	8.01	6.90	-	-	-	-	-	-	-	
森川葉月 (玉野光南高)	34.28	-	6.36	11.48	16.87	-	22.52	28.28	-	34.28	-	-	-	-	-	-	-
	-	6.36	5.12	5.39	-	5.66	5.76	-	6.00	-	-	-	11.04	11.76	17.41	0.55	
	7.68	9.92	9.54	9.18	8.87	8.76	8.63	8.39	8.02	-	-	-	-	-	-	-	

表 12. U18 陸上競技大会女子 300m 走における通過タイム, 区間タイム, 区間平均走速度

選手名	記録	上段:50m毎通過タイム [s] 中段:50m毎区間タイム [s] 下段:35m毎区間平均速度[m/s]								区間タイム [s]							
		50m		100m		150m		200m		250m		300m		100m毎		150m毎	
		(0-45m)	(45-80m)	(80-115m)	(115-150m)	(150-185m)	(185-220m)	(220-255m)	(255-290m)	(290-325m)	(100-200m)	(200-300m)	(150-300m)	後半	前半		
瀧野未来 (京都橘高)	38.63	-	7.00	12.87	18.91	-	25.23	31.81	-	38.63	-	-	-	-	-	-	-
	-	7.00	5.87	6.05	-	6.32	6.58	-	6.82	-	-	-	12.37	13.40	19.72	0.81	
	7.02	8.55	8.49	8.18	7.99	7.71	7.53	7.39	7.05	-	-	-	-	-	-	-	
佐藤志保里 (遠愛女子高)	38.69	-	6.88	12.58	18.54	-	24.91	31.56	-	38.69	-	-	-	-	-	-	-
	-	6.88	5.70	5.96	-	6.37	6.65	-	7.13	-	-	-	12.33	13.78	20.15	1.60	
	7.13	8.87	8.62	8.29	7.93	7.67	7.43	7.08	6.62	-	-	-	-	-	-	-	
中尾袖希 (園田高)	39.15	-	7.03	12.90	18.93	-	25.30	32.00	-	39.15	-	-	-	-	-	-	-
	-	7.03	5.87	6.03	-	6.37	6.71	-	7.15	-	-	-	12.39	13.85	20.22	1.30	
	6.98	8.58	8.43	8.24	7.98	7.57	7.37	7.10	6.50	-	-	-	-	-	-	-	
山内そよ (大宮東高)	39.35	-	7.16	13.05	19.17	-	25.60	32.28	-	39.35	-	-	-	-	-	-	-
	-	7.16	5.89	6.12	-	6.43	6.68	-	7.07	-	-	-	12.55	13.75	20.18	1.01	
	6.85	8.55	8.41	8.07	7.86	7.60	7.41	7.14	6.69	-	-	-	-	-	-	-	
赤坂美玲 (山形中央高)	39.40	-	7.08	12.85	18.79	-	25.13	31.89	-	39.40	-	-	-	-	-	-	-
	-	7.08	5.77	5.93	-	6.34	6.76	-	7.51	-	-	-	12.28	14.27	20.61	1.83	
	6.92	8.70	8.60	8.36	8.01	7.60	7.26	6.78	6.05	-	-	-	-	-	-	-	
児島柚月 (西京高)	39.70	-	7.12	13.18	19.39	-	25.87	32.55	-	39.70	-	-	-	-	-	-	-
	-	7.12	6.07	6.20	-	6.49	6.68	-	7.15	-	-	-	12.69	13.83	20.31	0.93	
	6.91	8.28	8.19	8.01	7.77	7.57	7.43	7.09	6.49	-	-	-	-	-	-	-	

表 13. 男子 400m 走における記録, 最高走速度, 前後半差, および走速度低下率の比較 (2021 年度と 2020 年度)

	2020年度 (n=19)		2021年度 (n=27)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
400m走の記録 [s]	46.56	0.34	46.46	0.73	n.s
最高走速度 [m/s]	9.96	0.22	9.94	0.28	n.s
前半200m通過タイム [s]	22.01	0.40	21.88	0.51	0.06
前後半差 [s]	2.53	0.80	2.70	0.77	n.s
走速度低下率 [%]	19.91	3.60	20.34	3.95	n.s

表 14. 女子 400m 走における記録, 最高走速度, 前後半差, および走速度低下率の比較 (2021 年度と 2020 年度)

	2020年度 (n=22)		2021年度 (n=21)		p値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
400m走の記録 [s]	54.22	0.71	54.35	0.96	n.s
最高走速度 [m/s]	8.49	0.71	8.41	0.96	n.s
前半200m通過タイム [s]	25.53	0.71	25.82	0.96	< 0.05
前後半差 [s]	3.17	0.71	2.71	0.96	< 0.05
走速度低下率 [%]	19.90	0.71	18.26	0.96	0.08

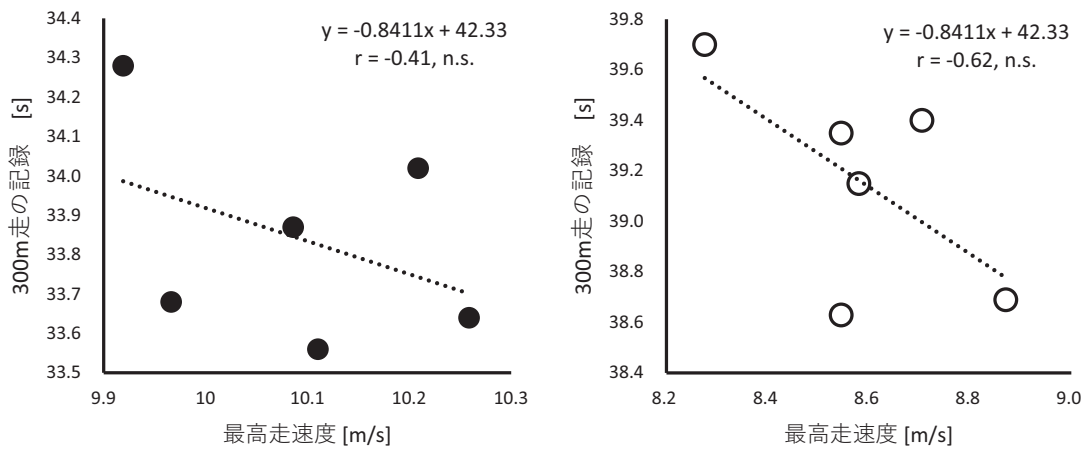


図 3. U18 男女 300m 走の記録と最高走速度との関係 (左: 男子●, 右: 女子○)

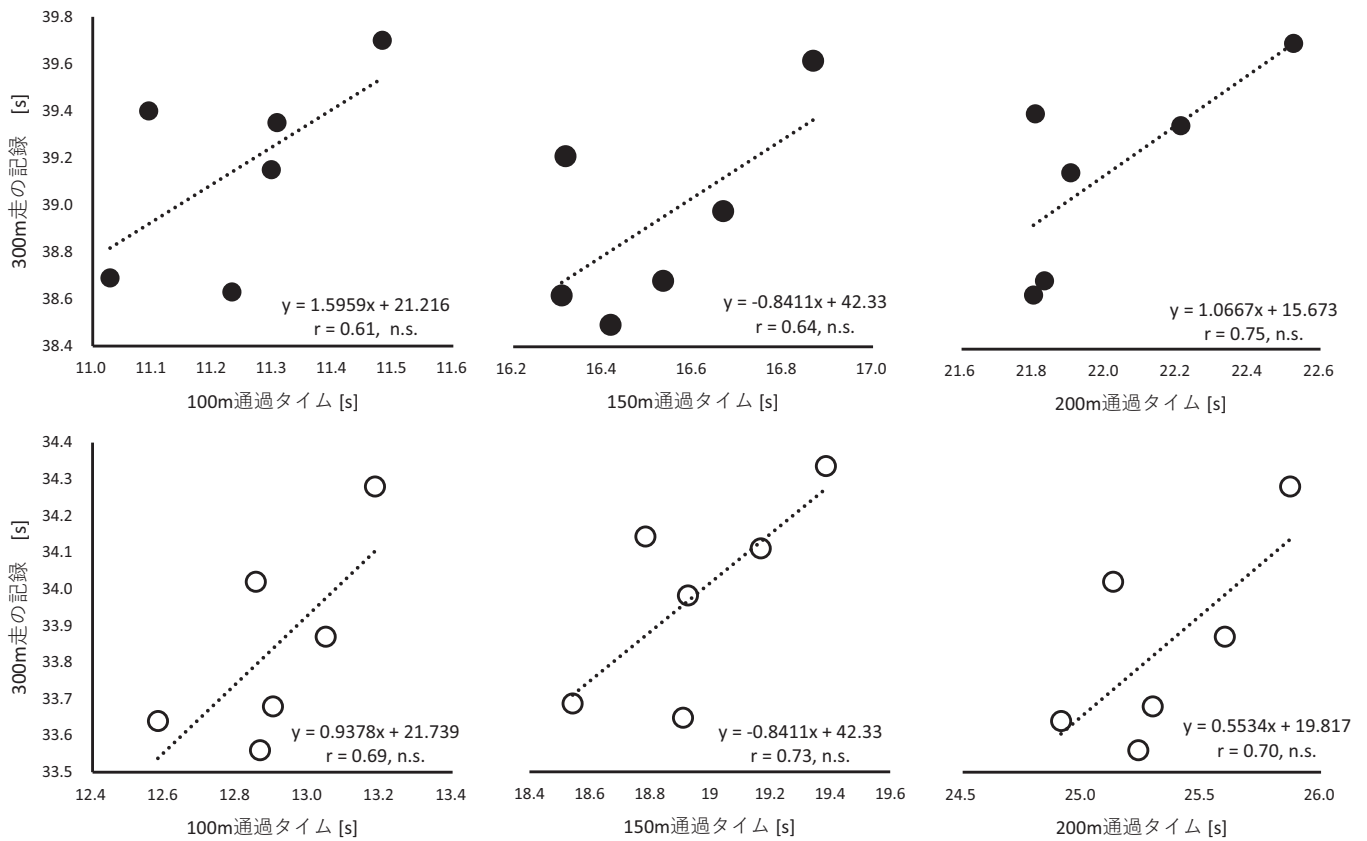


図 4. U18 女子 300m 走の記録と 100m, 150m および 200m の通過タイムとの関係 (上段: 男子●, 下段: 女子○)