

2019年度主要競技会における男子100mのレース分析

大沼 勇人¹⁾ 小林 海²⁾ 松林武生³⁾ 高橋恭平⁴⁾ 山中 亮⁵⁾ 渡辺圭佑⁶⁾ 綿谷貴志⁷⁾
広川龍太郎⁸⁾

1) 関西福祉大学 2) 東京経済大学 3) 国立スポーツ科学センター 4) 鹿児島大学
5) 新潟食料農業大学 6) 日本スポーツ振興センター 7) 八戸学院大学 8) 東海大学

1. はじめに

2019年シーズンは、サニブラウンハキーム選手(フロリダ大)が全米大学選手権で9.97秒を、小池祐貴選手(住友電工)がLondon Diamond Leagueで9.98秒をそれぞれ記録し、2017年にはじめて9.98秒を記録した桐生祥秀選手(日本生命)と合わせて3人の9秒台選手が誕生したシーズンとなった。また、上述の3選手は9月にカタールのドーハで行われた第17回世界陸上競技選手権大会(ドーハ世界選手権)において、全員が準決勝に進出しており、日本の短距離界を牽引する活躍を遂げたシーズンとなった。また、川上拓也選手(大阪ガス)が室内ツアーバーミンガム大会で6.54秒、サニブラウン選手がNCAA室内陸上競技選手権大会で6.54秒をそれぞれ記録し、60m走の室内日本記録を樹立するといった2019年シーズン序盤から日本人選手のレベルの高さを証明するシーズンであったといえる。

(公財)日本陸上競技連盟科学委員会はこれまでに国内外で行われた主要大会における100mレースについて、走速度やピッチ、ストライドに関するデータ測定を行ってきた。これらの結果は同強化委員会を通じてコーチや選手にもフィードバックされ、競技力向上の一助となる役割を果たしてきた。本報告では、2019年シーズンに科学委員会が測定を実施した国内外の対象競技会における100m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

- ・吉岡隆徳記念第73回出雲陸上競技大会(4月20-21日, 島根)(以下, 「出雲陸上」)
- ・2019年アジア選手権大会(4月19-24日, カター

ル・ドーハ)(以下, 「アジア選手権」)

- ・第53回織田幹雄記念国際陸上競技大会(4月27-28日, 広島)(以下, 「織田記念」)
- ・第6回木南道孝記念陸上競技大会(5月6日, 大阪)(以下, 「木南記念」)
- ・セイコーゴールデンングランプリ陸上2019(5月19日, 大阪)(以下, 「GGP」)
- ・布勢スプリント2019(6月2日, 鳥取)(以下, 「布勢スプリント」)
- ・第103回日本陸上競技選手権大会(6月27-30日, 福岡)(以下, 「日本選手権」)
- ・2019 IAAFダイヤモンドリーグ・ロンドン大会(7月20-21日, イギリス・ロンドン)(以下, 「DL London」)
- ・2019富士北麓ワールドトライアル(9月1日, 山梨)(以下, 「富士北麓競技会」)
- ・2019世界陸上競技選手権大会(9月27日-10月6日, カタール・ドーハ)(以下, 「世界選手権」)

2-2. 対象選手

対象選手は、上記競技会に出場した国内選手17名(計83レース)および世界選手権に出場した海外選手13名(計25レース)であった。

2-3. 撮影方法

100m走の撮影には6台のハイスピードデジタルビデオカメラ(LumixDMC-FZ300, Panasonic, JAPAN)を用い、スタンドから各校正地点(110mハードル1台目, 100mハードル1, 3, 5, 7, 9台目のグラウンドマーク)の延長線上に測定者を配置し、各校正地点が画角に収まるように撮影を行った。撮影のサンプリングレートは、239.76fpsに設定し、測定はスタート時のスターターの閃光を撮影した後、全選手がフィニッシュラインを通過するまで、カメラをパ

表1 2019年度分析対象者におけるレース分析結果

氏名	大会	風[m]	記録[s]	最高走速度 [m/s]	最高走速度 到達地点[m]	走速度 低下率[%]	ピッチ [step/s]	ストライド長 [m/step]
Christian COLEMAN (USA)	世界陸上	0.6	9.76	11.92	50-60	-5.12	5.07	2.35
Justin GATLIN (USA)	世界陸上	0.6	9.89	11.71	60-70	-3.62	4.61	2.54
Andre DE GRASSE (CAN)	世界陸上	0.6	9.90	11.86	60-70	-3.33	4.94	2.40
Akani SIMBINE (RSA)	世界陸上	0.6	9.93	11.73	60-70	-4.27	5.16	2.28
小池祐貴 (住友電工)	DL London	0.5	9.98	11.58	50-60	-3.19	5.43	2.13
桐生 祥秀 (日本生命)	GGP	1.7	10.01	11.61	50-60	-5.92	5.00	2.33
サニブラウン アブデルハキーム (フロリダ大学)	日本選手権	-0.3	10.02	11.57	50-60	-4.72	4.63	2.50
Zharnel HUGHES (GBR)	世界陸上	0.6	10.03	11.74	60-70	-7.29	4.75	2.47
ZOHRI Lalu Muhammad (INA)	GGP	1.7	10.03	11.59	50-60	-4.85	4.55	2.55
山縣 亮太 (セイコー)	GGP	1.7	10.11	11.49	50-60	-5.59	4.92	2.34
BURRELL Cameron (USA)	GGP	1.7	10.12	11.48	50-60	-7.10	4.94	2.32
多田 修平 (住友電工)	GGP	1.7	10.12	11.46	50-60	-7.54	5.02	2.28
Zhenye XIE (CHN)	世界陸上	-0.1	10.14	11.50	50-60	-6.07	5.05	2.28
WU Zhiqiang (CHN)	アジア選手権	1.5	10.18	11.28	50-60	-3.39	4.92	2.29
白石黄良々 (セレスポ)	織田記念	1.2	10.19	11.37	60-70	-2.95	4.82	2.36
FISHER Andrew (BRN)	アジア選手権	1.5	10.20	11.28	50-60	-6.07	4.61	2.45
WILLIAMS Kendal (USA)	GGP	1.7	10.20	11.39	60-70	-4.34	4.84	2.35
ケンブリッジ 飛鳥 (Nike)	日本選手権	0.1	10.20	11.36	50-60	-5.37	4.70	2.42
Bingtian SU (CHN)	世界陸上	-0.3	10.21	11.25	50-60	-4.83	5.00	2.25
川上 拓也 (大阪ガス)	富士北麓ワールドトライアル	1.0	10.22	11.21	50-60	-6.45	4.97	2.26
飯塚翔太 (ミズノ)	日本選手権	-0.3	10.24	11.33	50-60	-5.40	4.92	2.30
宮城 辰郎 (中央大学)	富士北麓ワールドトライアル	0.9	10.25	11.33	60-70	-3.09	5.30	2.14
YANG Chun-Han (TPE)	アジア選手権	1.5	10.28	11.18	50-60	-2.64	4.84	2.31
坂井 隆一郎 (関西大学)	日本選手権	0.2	10.28	11.12	50-60	-5.00	5.30	2.10
デーデーブルーノ (東海大)	織田記念	1.2	10.29	11.23	60-70	-2.78	4.72	2.38
水久保 漱至 (城西大学)	日本選手権	0.1	10.36	11.08	50-60	-4.72	4.75	2.33
猶木 雅文 (大阪ガス)	布勢スプリント	0.1	10.39	11.09	50-60	-6.16	4.72	2.35

*ピッチ・ストライドは最高走速度時点における数値

ンニングし、レース映像を撮影した。閃光が明確でない映像は、近しい地点の映像における同一選手の接地瞬間で同期し、同期に際しては少なくとも3箇所のカメラを用いた。

2-4. 分析方法

映像分析には動画再生および編集ソフト(QuickTimePro7, Apple, USA)を用い、いずれのレースにおいてもスターターの閃光をゼロとして、各校正点をトルソーが通過したフレーム数とカメラのサンプリングレートの逆数との積から通過時間を求めた。その後、先行研究(小林ら 2018, 小林ら 2017, 松尾ら 2011)をもとに、各地点の通過時間をスプライン補間によって内挿することで、レース全体の時間 - 距離情報を取得し、10 m 区間ごとの走速度、最高走速度とその出現区間、および走速度低下率を算出した。また、通過フレーム数を求めた映像から、4 ステップごとの接地時のフレーム数を求め、4 ステップに要した時間の逆数により、4 ステップごとのピッチを算出した。上記で算出した走速度をピッチで除すことで、ストライド長を算出した。またインターネットにて掲載されている身長をもとに、ピッチ指数およびストライド長指数を、先行研究(Alexander 1977)をもとに以下の式より算出した。

$$\text{ピッチ指数} = \text{ピッチ} \cdot \sqrt{\text{身長} / g} \quad \dots \text{式 1}$$

$$\text{ストライド長指数} = \text{ストライド} / \text{身長} \quad \dots \text{式 2}$$

本報告では、ピアソンの積率相関係数を用い、記録と最高走速度および走速度低下率との関係、最高走速度とピッチ、ストライド長、ピッチ指数およびストライド長指数との関係について検討した。なお、有意水準は5%未満に設定した。

3. 結果と考察

対象となった全30名の本年度の最高記録における、最高走速度、最高走速度到達地点、走速度低下率、最高走速度時におけるピッチおよびストライド長を表1に、10mごとの通過ラップタイムを表2に、10m区間ごとの走速度を表3に示した。

図1は、レース記録と最高走速度および走速度低下率の関係を示したものである。これまでの報告(小林ほか 2018, 松尾ほか 2017, 松尾ほか 2016, 松尾ほか 2015)と同様、本年度においてもレース記録と最高走速度との間に有意な負の相関関係が認められた。来年度はオリンピック東京大会の開催年であり、100m参加標準記録である10秒05を、サニブラウンハキーム選手、小池祐貴選手、桐生祥秀選手

表2 2019年度分析対象者における10mごとのスプリットタイム

氏名	大会	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
Christian COLEMAN (USA)	世界陸上	1.83	2.85	3.77	4.64	5.48	6.32	7.16	8.01	8.88	9.76
Justin GATLIN (USA)	世界陸上	1.84	2.88	3.81	4.70	5.56	6.42	7.27	8.13	9.00	9.89
Andre DE GRASSE (CAN)	世界陸上	1.88	2.94	3.88	4.77	5.63	6.48	7.32	8.17	9.03	9.90
Akani SIMBINE (RSA)	世界陸上	1.87	2.92	3.85	4.74	5.60	6.46	7.31	8.17	9.04	9.93
小池祐貴 (住友電工)	DL London	1.88	2.91	3.85	4.74	5.61	6.47	7.34	8.21	9.09	9.98
桐生 祥秀 (日本生命)	GGP	1.86	2.90	3.84	4.74	5.61	6.47	7.33	8.20	9.09	10.01
サニブラウン アブデルハキーム (フロリダ大学)	日本選手権	1.90	2.93	3.86	4.75	5.62	6.48	7.35	8.22	9.11	10.02
Zharnel HUGHES (GBR)	世界陸上	1.91	2.97	3.91	4.80	5.66	6.52	7.37	8.23	9.11	10.03
ZOHRI Lalu Muhammad (INA)	GGP	1.90	2.94	3.87	4.77	5.64	6.50	7.36	8.24	9.12	10.03
山縣 亮太 (セイコー)	GGP	1.88	2.94	3.88	4.78	5.66	6.53	7.40	8.29	9.19	10.11
BURRELL Cameron (USA)	GGP	1.88	2.92	3.86	4.76	5.63	6.51	7.38	8.27	9.18	10.12
多田 修平 (住友電工)	GGP	1.86	2.90	3.85	4.74	5.62	6.49	7.37	8.26	9.18	10.12
Zhenye XIE (CHN)	世界陸上	1.93	2.98	3.91	4.81	5.68	6.55	7.43	8.31	9.21	10.14
WU Zhiqiang (CHN)	アジア選手権	1.87	2.92	3.88	4.79	5.69	6.58	7.46	8.36	9.26	10.18
白石黄良々 (セレスポ)	織田記念	1.91	2.98	3.94	4.85	5.74	6.63	7.51	8.39	9.28	10.19
FISHER Andrew (BRN)	アジア選手権	1.86	2.91	3.85	4.76	5.65	6.54	7.43	8.33	9.26	10.20
WILLIAMS Kendal (USA)	GGP	1.89	2.97	3.94	4.85	5.74	6.62	7.50	8.38	9.28	10.20
ケンブリッジ 飛鳥 (Nike)	日本選手権	1.87	2.95	3.91	4.82	5.71	6.59	7.47	8.36	9.27	10.20
Bingtian SU (CHN)	世界陸上	1.86	2.92	3.88	4.79	5.68	6.57	7.46	8.36	9.28	10.21
川上 拓也 (大阪ガス)	富士北麓ワールドトライアル	1.83	2.88	3.83	4.74	5.63	6.53	7.42	8.34	9.27	10.22
飯塚翔太 (ミズノ)	日本選手権	1.91	2.97	3.93	4.84	5.73	6.61	7.50	8.39	9.31	10.24
宮城 辰郎 (中央大学)	富士北麓ワールドトライアル	1.92	3.00	3.97	4.89	5.79	6.67	7.56	8.44	9.34	10.25
YANG Chun-Han (TPE)	アジア選手権	1.91	2.98	3.94	4.86	5.76	6.66	7.55	8.45	9.36	10.28
坂井 隆一郎 (関西大学)	日本選手権	1.84	2.90	3.86	4.79	5.69	6.59	7.49	8.41	9.33	10.28
デーデーブルーノ (東海大)	織田記念	1.92	3.00	3.97	4.89	5.79	6.68	7.58	8.47	9.37	10.29
水久保 漱至 (城西大学)	日本選手権	1.87	2.95	3.92	4.85	5.76	6.67	7.57	8.48	9.41	10.36
猶木 雅文 (大阪ガス)	布勢スプリント	1.87	2.96	3.93	4.86	5.77	6.67	7.58	8.49	9.43	10.39

[単位:s]

表3 2019年度分析対象者における10mごとの走速度

氏名	大会	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m
Christian COLEMAN (USA)	世界陸上	5.47	9.78	10.92	11.51	11.81	11.92	11.90	11.78	11.57	11.31
Justin GATLIN (USA)	世界陸上	5.42	9.63	10.72	11.28	11.58	11.70	11.71	11.63	11.48	11.29
Andre DE GRASSE (CAN)	世界陸上	5.32	9.43	10.60	11.24	11.61	11.80	11.86	11.81	11.68	11.46
Akani SIMBINE (RSA)	世界陸上	5.36	9.53	10.67	11.27	11.59	11.72	11.73	11.64	11.47	11.23
小池祐貴 (住友電工)	DL London	5.32	9.65	10.71	11.23	11.48	11.58	11.57	11.49	11.37	11.21
桐生 祥秀 (日本生命)	GGP	5.39	9.53	10.64	11.22	11.51	11.61	11.58	11.45	11.22	10.93
サニブラウン アブデルハキーム (フロリダ大学)	日本選手権	5.27	9.68	10.75	11.27	11.50	11.57	11.53	11.42	11.24	11.03
Zharnel HUGHES (GBR)	世界陸上	5.24	9.46	10.61	11.23	11.57	11.72	11.74	11.62	11.35	10.88
ZOHRI Lalu Muhammad (INA)	GGP	5.28	9.60	10.68	11.22	11.49	11.59	11.57	11.45	11.27	11.03
山縣 亮太 (セイコー)	GGP	5.32	9.45	10.55	11.11	11.39	11.49	11.46	11.32	11.11	10.85
BURRELL Cameron (USA)	GGP	5.33	9.55	10.64	11.17	11.42	11.48	11.41	11.24	10.98	10.67
多田 修平 (住友電工)	GGP	5.38	9.55	10.62	11.15	11.40	11.46	11.39	11.21	10.93	10.60
Zhenye XIE (CHN)	世界陸上	5.18	9.57	10.65	11.19	11.43	11.50	11.45	11.30	11.07	10.80
WU Zhiqiang (CHN)	アジア選手権	5.36	9.45	10.45	10.95	11.19	11.28	11.27	11.18	11.05	10.89
白石黄良々 (セレスポ)	織田記念	5.24	9.34	10.40	10.94	11.23	11.35	11.37	11.31	11.19	11.03
FISHER Andrew (BRN)	アジア選手権	5.38	9.54	10.56	11.03	11.24	11.28	11.21	11.05	10.83	10.60
WILLIAMS Kendal (USA)	GGP	5.30	9.25	10.33	10.92	11.23	11.38	11.39	11.31	11.13	10.90
ケンブリッジ 飛鳥 (Nike)	日本選手権	5.33	9.33	10.40	10.96	11.25	11.36	11.34	11.22	11.02	10.75
Bingtian SU (CHN)	世界陸上	5.37	9.46	10.46	10.95	11.18	11.25	11.22	11.11	10.94	10.71
川上 拓也 (大阪ガス)	富士北麓ワールドトライアル	5.46	9.56	10.53	10.99	11.18	11.21	11.13	10.97	10.75	10.48
飯塚翔太 (ミズノ)	日本選手権	5.23	9.40	10.46	10.99	11.24	11.33	11.29	11.16	10.96	10.71
宮城 辰郎 (中央大学)	富士北麓ワールドトライアル	5.21	9.23	10.30	10.86	11.17	11.31	11.33	11.27	11.15	10.98
YANG Chun-Han (TPE)	アジア選手権	5.23	9.39	10.40	10.88	11.10	11.18	11.17	11.10	10.99	10.89
坂井 隆一郎 (関西大学)	日本選手権	5.44	9.40	10.37	10.84	11.06	11.12	11.08	10.96	10.78	10.57
デーデーブルーノ (東海大)	織田記念	5.21	9.27	10.30	10.83	11.10	11.21	11.23	11.17	11.06	10.92
水久保 漱至 (城西大学)	日本選手権	5.35	9.26	10.26	10.76	11.00	11.08	11.05	10.94	10.77	10.56
猶木 雅文 (大阪ガス)	布勢スプリント	5.34	9.22	10.25	10.76	11.01	11.09	11.05	10.90	10.68	10.41

[単位:m/s]

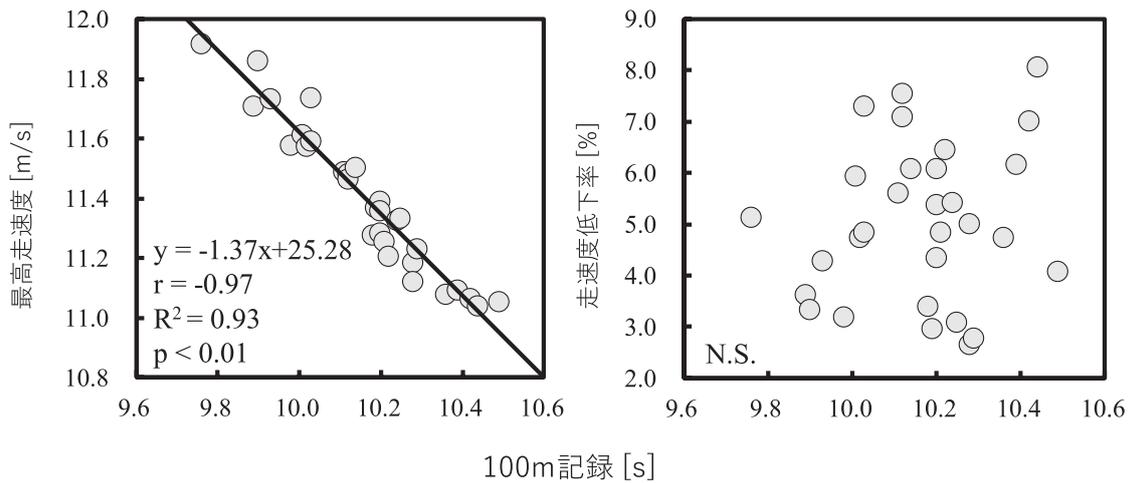


図1 2019年度分析対象者における100m記録と最高走速度および走速度低下率の関係

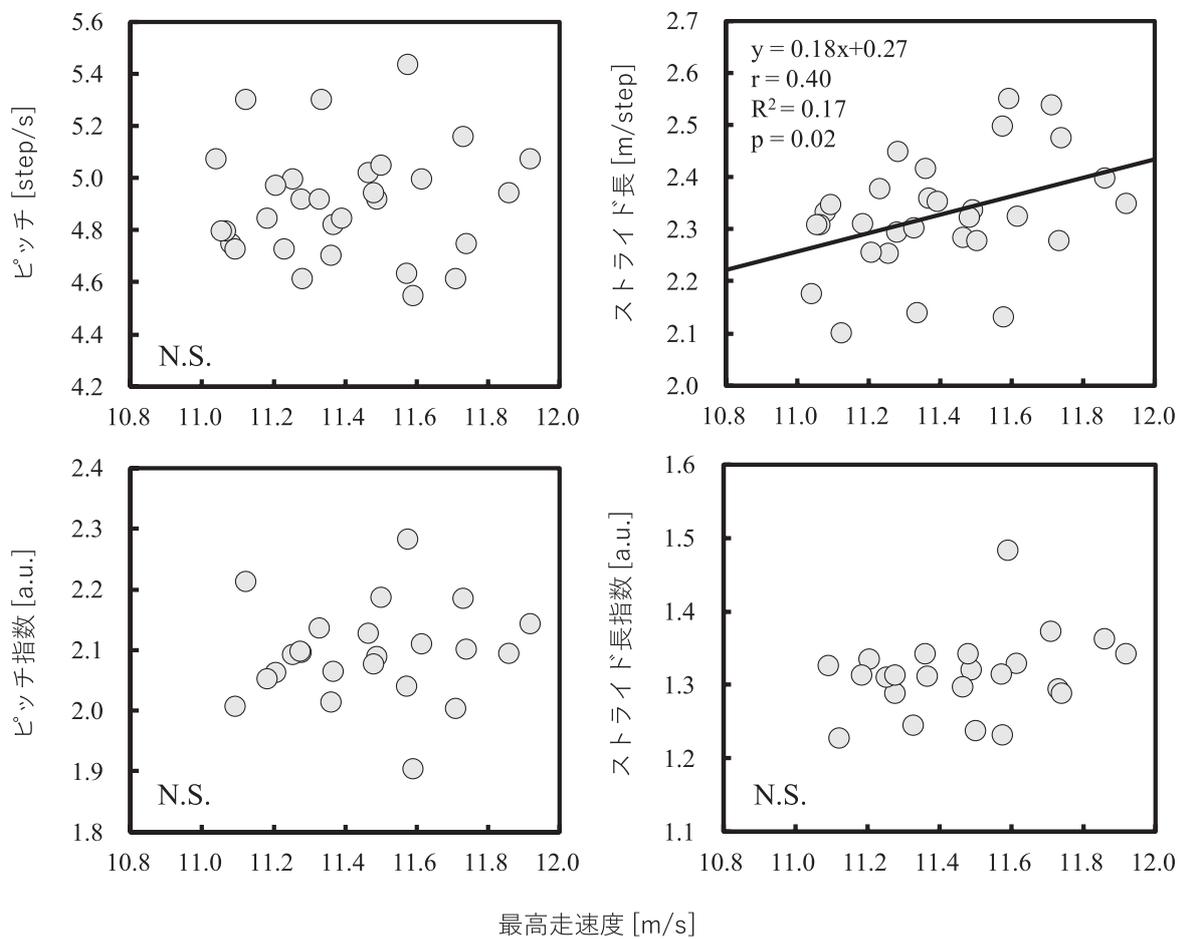


図2 2019年度分析対象者における最高走速度とピッチ、ストライド長、ピッチ指数およびストライド長指数との関係

の3名が突破している状況である。10秒05を突破するための最高走速度について、図2で得られた回帰直線をもとに計算すると11.55 m/sとなり、この数値はひとつの基準となると考えられる。

一方、レース記録と走速度低下率との間に有意な相関関係は認められなかった。これまでの報告では、正の相関関係が認められた報告（松尾ほか2017、

松尾ほか2016、松尾ほか2015）と、負の相関関係が認められた報告（小林ほか2018）があり、年度によって異なった結果となっている。本年度は、各選手の最も記録が良かったレースのみを報告対象としており、予選レース等（いわゆる流した）を報告対象から除外したことが影響していると考えられる。そのうえで、相関関係が認められなかった結果

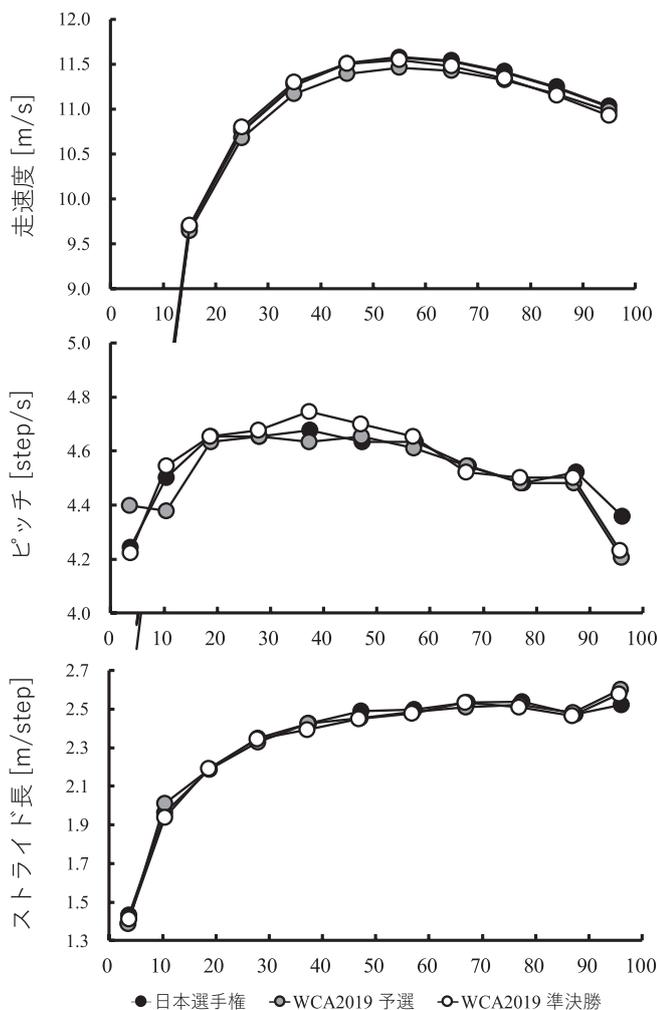


図3 サニブラウンハキーム選手の2019年度自己記録レースと世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長

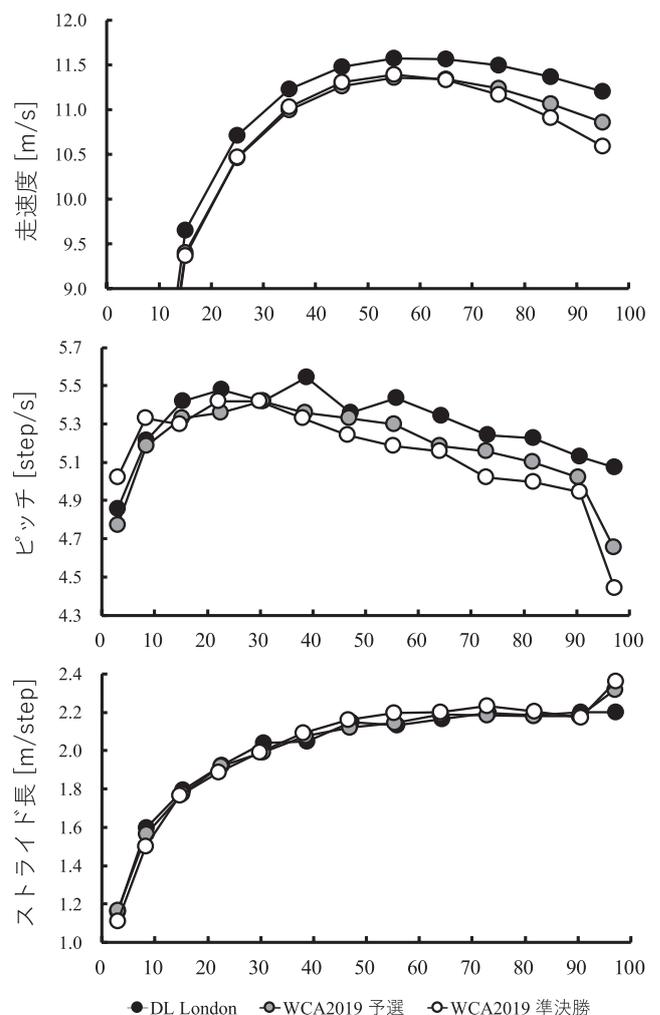


図4 小池祐貴選手の2019年度自己記録レースと世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長

は、100mにおけるレースパターンが選手個々によって異なることを示唆するものであると考えられる。また走速度低下率はレース前半の加速局面の影響を受けると考えられ、その相互作用についても検討する必要がある。

図2は、最高走速度とピッチ、ストライド長、ピッチ指数およびストライド長指数との関係を示したものである。本報告においては最高走速度とストライド長との間でのみ有意な正の相関関係が認められ、他項目では有意な相関関係が認められなかった。松尾ほか(2017)も、男子100mにおいてストライド長には有意な正の相関関係が認められたが、ピッチには有意な相関関係が見られなかったことを報告しており、本年度もこれまでの報告を支持する結果であった。

ピッチ・ストライド長は、動作要因だけでなく、形態的要因による影響を受ける。そこで、形態的要因による影響を取り除き、動作要因を評価するため

に、ピッチ指数とストライド長指数を算出し、最高走速度との関係性について検討した。しかしながら、両項目とも最高走速度との間に有意な相関関係は認められなかった。これらの結果は、ピッチ・ストライド長の獲得に影響を及ぼす動作要因が選手個々によって異なることを示唆するものである。走速度を向上させるためのピッチとストライドの方略は一樣ではなく、個人によって異なることが報告されており(Salo et al. 2011)、日本人選手がさらなる記録向上のためには、選手個々の特性に応じて、動作的要因を高める必要があると考えられる。また、ストライド長指数には相関関係が認められなかったのに対し、ストライド長には有意な正の相関関係が認められた結果は、ストライド長さらには最高走速度の獲得には形態的要因が影響していることを示すものであり、身長の違いによっても高めるべき動作要因についても今後検討する必要がある。

図3-5は、サニブラウンハキーム選手、小池祐貴

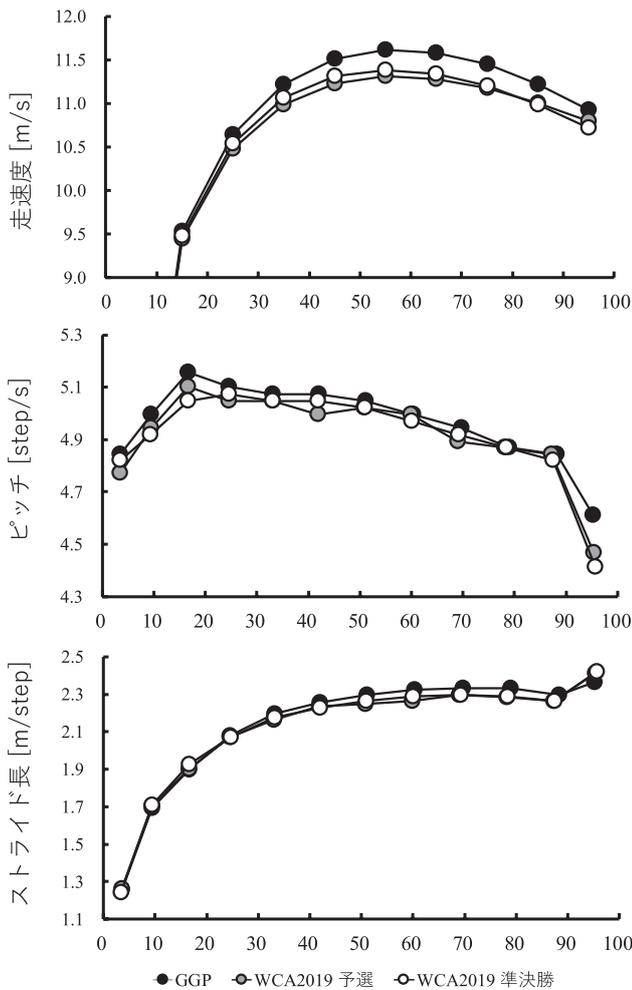


図5 桐生祥秀選手の2019年度自己記録レースと世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長

選手、桐生祥秀選手の、日本陸上競技連盟科学委員会ですら計測できたレースにおける2019年度自己記録と、世界選手権予選および準決勝レースの走速度、ピッチ、ストライド長を示したものである。

サニブラウンハキーム選手の記録は、日本選手権決勝で10.02秒(-0.3)、世界選手権予選で10.09秒(+0.1)、世界選手権準決勝で10.15秒(-0.3)であった。走速度についてみると、最高走速度は日本選手権決勝と世界選手権準決勝で概ね同等であったが、走速度低下率は日本選手権決勝よりも世界選手権準決勝で大きかった。世界選手権決勝進出記録は、10.11秒であり、0.04秒及ばなかった。決勝進出を逃してしまった要因のひとつに、レース後半における走速度の低下が影響したと考えられる。ピッチについてみると、世界選手権準決勝ではレース前半において、他レースよりも高い値を示していることから、加速局面における走動作が走速度の低下に影響を及ぼした可能性がある。

小池祐貴選手の記録は、DL Londonで9.98秒(+0.5)、世界選手権予選で10.21秒(-0.3)、世界選手権準決勝で10.28秒(-0.1)であった。走速度についてみると、日本人3人目の9秒台レースとなったDL Londonと比較し、世界選手権予選・準決勝では10m以降で走速度は低い値であった。また走速度低下率もDL Londonよりも世界選手権予選・準決勝で大きかった。ピッチ・ストライド長についてみると、DL Londonでは世界選手権よりも、ストライド長には大きな差異はないが、ピッチが高い傾向を示した。小池選手の9.98秒の背景には、より高いピッチを実現できたこと、世界選手権予選・準決勝ではそのピッチを再現できなかったことが記録に影響を及ぼした可能性がある。

桐生祥秀選手の記録は、GGPで10.01秒(+1.7)、世界選手権予選で10.18秒(-0.3)、世界選手権準決勝で10.16秒(+0.8)であった。走速度についてみると、GGPと比較し、世界選手権予選・準決勝では20m以降で走速度は低い値であった。ピッチ・ストライド長についてみると、GGPでは世界選手権予選・準決勝よりも、スタートから50m地点までピッチが高く、40mから90m地点にかけてストライド長が長い傾向を示した。すなわち、世界選手権予選・準決勝では、レース前半から中盤にかけてはピッチ、レース中盤から後半にかけてはストライド長が低かったことが記録に影響を及ぼした可能性がある。

文献

Alexander RM (1977) Terrestrial locomotion. In: Alexander RM and Goldspink G (eds.) Mechanics and energetics of animal locomotion. Chapman and Hall, 168-203.

小林海, 高橋恭平, 山中亮, 渡辺圭祐, 大沼勇人, 松林武生, 広川龍太郎, 松尾彰文 (2018) 2018年シーズンにおける男子100mのレース分析結果. 陸上競技研究紀要, 14: 89-93.

松尾 彰文, 広川 龍太郎, 柳谷 登志雄, 松林武生, 高橋 恭平, 小林 海, 杉田 正 (2017) 2017シーズンにおける男女100mのレース分析および瞬間速度と瞬間加速度. 陸上競技研究紀要, 13: 154-164.

松尾 彰文, 広川 龍太郎, 柳谷 登志雄, 松林武生, 高橋 恭平, 小林 海, 杉田 正明 (2016) 2016シーズンおよび全シーズンでみた男女100mの速度分析とピッチ・ストライド分析について. 陸上競技研究紀要, 12: 74-83.

松尾 彰文 , 広川 龍太郎 , 柳谷 登志雄 , 松林
武生 , 高橋 恭平 , 小林 海 , 杉田 正明(2015)
2015 シーズンと記録別にみた男女 100m のレース
分析について. 陸上競技研究紀要, 11 : 141-149.
Salo AI, Bezodis IN, Batterham AM, Kerwin
DG (2011) Elite sprinting: are athletes
individually step frequency or step length
reliant? Med Sci Sports Exerc, 43: 1055-
1062.