

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

松尾彰文¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 柳谷登志雄³⁾ 松林武生⁴⁾ 高橋恭平⁵⁾ 小林海⁶⁾ 杉田正明⁷⁾
1) 鹿屋体育大学 2) 東海大学 3) 順天堂大学 4) 国立スポーツ科学センター
5) 熊本高等専門学校 6) 日本スポーツ振興センター 7) 三重大学

国際大会や日本のトップスプリンターが出場するような陸上競技会（主に織田記念、ゴールデングラプリ、日本選手権、国体、世界選手権等）の男女100mレースで、91年（阿江ら、1994）以来、ビデオカメラやレーザー式速度計測器（ラベック）にて速度分析やピッチ・ストライド分析を行ってきた（松尾ら、2015）。その結果、記録には、最高速度が密接に関係していることや、レース中の最高速度出現区間の直前にピッチの最高値に達していたことや、記録別に統計処理すると日本選手と海外選手ではピッチでは明らかな差がないことなどを報告してきた（松尾ら、2014、2011）。

最高速度はスタートからの力発揮の累積により到達すると考えられる。ピッチ・ストライドについても、最高速度に達するまでの速度、ピッチ・ストライドの関係を検討しておくことが、加速過程を工夫するための基礎資料となるであろう。

そこで、本編では、2016年シーズンの男女100mレース分析結果の報告とともに、従来からの速度分析およびピッチ・ストライド分析をもとにし、ピッチを基準にしたストライドの目標値を提供しようとした。

方法

1. 2016シーズンの分析

織田記念、セイコーゴールデングラプリ（SGGP）、布勢スプリント（布勢S）、日本選手権および国民体育大会（国体）にて、ビデオ方式およびレーザー方式で疾走速度、ピッチ・ストライドを分析した。

2. 速度分析

レーザー方式による疾走速度分析では、スタートからの選手の移動距離を100Hzにて計測して、

10mごとの通過タイムを分析した。ビデオ方式では、スタンドに設置したハイスピードビデオカメラ（240fpsまたは300fps）で撮影した映像から100mハードル、110mハードル、400mハードルの設置位置マークを参考に、その上をトルソーが通過する時間を分析し、多項式補間により10mごとの通過タイムを算出した。10m区間ごとの通過タイムから、速度、最高速度、出現区間、および出現時間、速度逓減率を求めた（松尾ら、2014、2015）。

3. ピッチ・ストライド分析

速度分析で用いた映像から、主要な選手を対象にスタート1ステップ目からフィニッシュラインを通過した後のステップまでを4ステップごとにつま先が着地した時間を分析した。着地時間から4ステップの平均ピッチ・ストライド、100mのステップ数、最高速度区間のピッチ・ストライド、レース中の最大値を分析し（松尾ら、2010）、さらに最高速度との関係を検討した。

スタートからの最高速度までの要因を探るために、疾走速度とピッチ・ストライドが推移する関係を選手ごとに統計的に分析した。

4. 分析データの種別

男女別に2016シーズンと従来から蓄積されてきているデータ（全シーズン；2016シーズンも含める）とに分けて、それぞれで、すべての分析データ（述データ）と個人のもっとも良い記録のデータ（PBデータ）の4種に分けて統計値を求めた。なお、PBデータでは、公認記録となる追い風2.0m/sまでのデータとした。

5. 記録別に見たストライドの目標値提案

全シーズンのPBデータの統計値から、最高速度

表 1. 2016 シーズンの大会別にみたレース分析対象数

	男子		女子		測定方式	
	速度分析	SF-SL分析	速度分析	SF-SL分析	Laveg	VTR
織田記念	19	4	18	9	○	○
SGGP	8	8	4	4	○	○
布勢S	16	16	14	14	○	○
日本選手権	36	24	17	8	○	○
国体	11	11	24	24		○
合計(延数)	90	63	77	59		
PB数	39	28	45	38		

と記録の回帰式を用いて、目標記録 0.1 秒ごとに最高速度を推定した。さらに、その速度を実現するためのストライドをピッチの全体の平均値と±1 標準偏差の 3 つで算出した。

結果と考察

2016 シーズンで速度分析およびピッチ・ストライド分析のために測定した延数と PB データ数は、男子では速度分析が 90 例と 39 例、ピッチ・ストライド分析が 63 例と 28 例、女子ではそれぞれ 77 例と 45 例、59 例と 38 例であった。表 1 に、大会別に見た分析数と測定方式を示した。

1. 速度分析

2016 シーズンの測定結果を男女別に、記録上位 10 位までの速度分析結果とピッチ・ストライド分析結果を表 2 (男子)、表 3 (女子) に示した。図 1 には、2016 シーズンの男女別に上位 5 名のスピード変化を示した。

男子の最速データは SGGP における GATLIN 選手の 10.02 秒 (風 -0.4m/s)、最高速度が 11.55m/s であった。日本人最速データは布勢 S 第 2 レース 2 組で走った山縣選手の 10.06 秒 (風 -0.5m/s)、最高速度が 11.40m/s であった。風速 0m/s と標高 0m の条件での記録を換算する式 (Mureika, J. R., 2003) を用いて追風条件で換算すると、1.0m/s では 9.98 秒、2.0m/s では 9.94 秒であった。風の条件次第では、日本人初の 9 秒台がみられたかもしれない。

女子についてみると最速データは SGGP における BARTOLETTA 選手の 11.23 秒 (風 -1.7m/s)、最高速度は 10.29m/s であり、日本人最速データは日本選手権における福島選手の 11.45 秒 (風 -0.2m/s)、最高速度が 9.84m/s であった。

最高速度と記録との関係を 2016 シーズンと全シーズンでそれぞれの延データでみたものを図 2 に男女別に示した。図中の太線は 2016 シーズンのデータで求めた回帰直線であり、細線は全シーズンのデータ分析で求めた回帰直線である。2016 シーズンにおける最高速度と記録の関係は、統計的に

は有意な負の直線関係 (男子 ; n=90, $r=-0.964$, $p<0.001$ 、女子 ; n=77, $r=-0.942$, $p<0.001$) にあり、全シーズン (男子 ; n=919, $r=-.966$, $p<0.001$ 、女子 ; n=842, $r=-0.979$, $p<0.001$) と概ね同様の傾きであった。

延データには、重複している選手が含まれており、重複した選手の特徴により、全体の傾向が影響されることが考えられる。そこで、表 4 に、2016 シーズン、全シーズン別に延データと PB データごとに風速条件、100m の記録、最高速度、その出現区間、逓減率、記録-最高速度関係の回帰係数、さらに、シーズンごとに、延データと PB データの値を t 検定で平均値の差を統計的に検定し、p 値を示した。

2016 シーズンの風の平均値をみると男女では、全シーズンよりも低い値を示していた。延データで全シーズンと 2016 シーズンの平均値の差を t 検定による p 値が 0.01% 以下で、統計的に有意な差であった。2016 シーズンでは向かい風条件のレースが多かったことになる。

延データと PB データの差を平均値で比較し、p 値が 5% 以下を統計的に有意な差であると判断すると、全シーズンでは男女ともに、逓減率で有意な差がみられた。また、男子では最高速度で p 値が 6% であった。これらのことは、重複データがある選手が統計学的な全体の傾向に影響している可能性があり、特に逓減率への影響が顕著であると考えられる。これらの結果から、最高速度と記録との関係を見る場合には、全シーズンの PB データで得られた回帰式を用いるほうが望ましいと考えられる。

2. ピッチ・ストライド分析結果

最高速度が記録と密接な関係があることから、最高速度が出現時のピッチ・ストライドについて報告してきた (松尾、2015、2014)。

ピッチ・ストライド分析結果を表 5 に、シーズン別、延データと PB データ別に最高速度時とレース中の最高値で集計した平均値、標準偏差、最小値と最大値、さらに、延データと PB データをシーズンごとに平均値の差を t 検定による p 値を男女別に示した。2016 シーズンでみると延データでは男女ともすべての項目で有意な差ではなかった。しかし、全シーズンでみると男子では、ステップ数、最高速度時の速度およびストライドで、また、女子では最高速度時のピッチで p 値 5% 以下の統計的に有意な差であった。これらのことから、測定値が重複している選手のデータが、男子では最高速度とストライ

ドへ、女子ではピッチに影響していることがわかった。全体的な傾向を見る場合には、延データでみるよりは、PBデータでみるほうが望ましいことが示唆される結果であった。

全シーズンのPBデータでみた記録と最高速度時のピッチ・ストライドとの関係を男女別に示したものを図3に示した。ピッチをみると、記録との関係は、男子では統計的な有意性はなかったが、女子では確率5%以下の有意な相関関係があることが認められ、記録が良いほどピッチが速い傾向にあることがわかった。一方のストライドをみると、記録とは、男女ともに統計的に有意な相関関係（男子； $r=0.519$, $p<0.001$ 、女子； $r=-0.518$, $p<0.001$ ）にあった。これらのことから、男女ともに記録が良いほどにストライドが長い傾向にあること、さらに、女子では、記録がよいほど、ピッチも高くなる傾向があることがわかった。

これまでは、最高速度時のピッチ・ストライドに注目して分析を行ってきた。最高速度がスタートからの力発揮の累積によるものであることから、スタートから最高速度に達するまでの速度とピッチ・ストライドの推移を検討しておくことは、加速課程の技術構築の基礎資料となるであろう。

図4では、PBデータにて男女別にスタートからの速度とピッチおよびストライドとの関係を個人ごとに最高速度までをプロットしたものを示した。ピッチをみると、男女ともに、スタート直後ではおおよそ4step/sから5step/sの範囲でばらついており、おおむねそのままの広がり度で、最高速度付近では4.3step/sから5.3step/sの範囲内の値に分布していた。また、ストライドをみると、スタート直後は男子では1mから1.3m、女子では0.9mから1.2mくらいの範囲であるが、速度の増加にともないほぼ直線的に増加し、最高速度付近では、男子では2.1mから2.8m、女子では1.9mから2.4mの範囲に達している。

速度とピッチ・ストライドの関係を選手ごとに統計的に直線回帰し、相関係数、相関係数のp値、スタート直後から最高速度までの増加率について男女別に平均値、標準偏差、最小値と最大値を集計した結果を表6に示した。ピッチをみると男女とも相関係数は-0.6から0.99まで分布しており、p値は0.1%以下から96%まで分散していた。増加率をみると平均値は1.06で、範囲は0.97から1.2であった。これらのことから、ピッチの変化は、速度増加にともない、直線的に増加する傾向の選手、ほぼ一定の選手、減少する選手などいろいろなタイプがあ

ると思われる。

一方、ストライドをみると、男女とも、相関係数は0.99以上、p値は0.1%以下、増加率では1.5から2.3の範囲で、平均すると1.8であった。このことは、速度の変化は、ストライドの変化とどの選手でも直線的な増加関係であった。すなわち、速度の増加はストライドと密接に関係していることが明らかになった。ピッチは個人差が大きい、ストライドは概ね1.8まで広がることで疾走速度が増加していくのである。ピッチの変化は、最高速度出現の手前で最高値に達することを報告していた（松尾ら、2011）。ここでの変化をみると、ピッチの増加率よりもストライドの増加率のほうが大きく、ストライドの増加が速度変化に密接な関係であることがわかった。

スタートからの変化を踏まえて、統計値から、記録別にみた最高速度時のストライドの目標値になるような値を算出し、表7に示した。記録からみた最高速度は、全シーズンデータでみた最高速度と記録との関係式を用い、0.10秒ごとに最高速度を算出した。男女ともにピッチを基準にして、男女それぞれの平均値と±1標準偏差の3つのピッチの場合のストライドを算出した。この表から、男子の9.90秒を目標とした場合、ストライドは平均的なピッチ（4.84step/s）であれば、ストライドの目標値が2.43m、ピッチが早い（5.03step/s）と2.34m、遅い（4.66step/s）と2.53mが目標値となる。

おおよそ記録の目標を0.1秒上げるためには、ピッチがそのままであれば、0.02から0.03mストライドの目標値が長くなる傾向である（詳細は男女別に記録の目標値を参照）。最高速度時の目標ストライドが設定されると、その長さを基準にして、オーバーストライド走、あるいは、ストライドが短い場合にはピッチ走、あるいは最高速度手前のストライド走ように、実際のトレーニング現場で、技術習得のための焦点を絞れるようになるであろう。

これらの目標値は最高速度での値である。スタートからそこに到達するまでは、ストライドはスタートから最高速度までに約1.8倍長くなるが、ピッチは約1.1倍程度である。また、最高速度の手前でピッチの最高値に達することを踏まえると、スタートからはストライドの伸ばし方、また、最高速度付近ではピッチの変化させ方が、記録を向上させるためのポイントのひとつと考えられる。

まとめ

2016 シーズンにおける織田記念、SGGP、布勢 S、日本選手権および国体においてレーザー方式およびビデオ方式にて、男女 100m レース中の選手の疾走速度、ピッチ・ストライドをスタートからフィニッシュまでの変化を分析した。

測定して分析できたすべてのデータを延データとし、測定の重複を配慮して選手内でもっとも記録がよかったデータを PB データとして、速度分析、ピッチ・ストライド分析を行った。いままで蓄積されているデータを全シーズンとして、そこから PB データを抽出して統計処理を行った。これらの結果から、以下のようなことが明らかになった。さらに、統計値から目標記録別に平均ピッチから目標ストライドの長さを提案した。

1. 2016 シーズン、男子では、最速データは SGGP における Gatlin 選手の 10.02 秒 (風 -0.4m/s)、最高速度が 11.55m/s であった。日本人最速データは布勢 S における山縣選手の 10.06 秒 (風 -0.5m/s)、最高速度が 11.40m/s であった。
2. 女子では、最速データは SGGP における BARTOLETTA 選手の 11.23 秒 (風 -1.7m/s)、最高速度は 10.29m/s であり、日本人最速データは日本選手権における福島選手の 11.45 秒 (風 -0.2m/s)、最高速度が 9.84m/s であった。
3. 100m の記録と最高速度の関連性を延データでみると 統計的には有意な負の相関関係 (男子 ; $n=90$, $r=-0.949$, $p<0.001$ 、女子 ; $n=77$, $r=-0.942$, $p<0.001$) にあった。2016 データは概ね全シーズンの延データの回帰直線付近にプロットされており、従来からの最高速度と記録との関係と概ね同様のものであった。
4. 全シーズンの PB データで記録と最高速度時のピッチ・ストライドとの関係を男女別に集計した。その結果、平均値±標準偏差をみると、ピッチでは、男子で $4.84 \pm 0.18\text{step/s}$ 、女子で $4.65 \pm 0.21\text{step/s}$ 、ストライドでは、男子で $2.30 \pm 0.11\text{m}$ 、女子で $2.07 \pm 0.11\text{m}$ であった。ピッチと記録との関係をみると、男子では統計的な有意性はなかったが、女子では確率 5% 以下の有意な相関関係があった。ストライドでは、記録とは、男女ともに統計的に有意な相関関係 (男子 ; $r=-0.519$, $p<0.001$ 、女子 ; $r=-0.518$, $p<0.001$) が認められた。
5. スタートから最高速度までの速度とピッチ・ストライドの関係を統計的に分析した。その結果、ピッチでは、男女とも相関係数は -0.6 から 0.99

まで、 p 値は 0.1% 以下から 96% まで幅広く分布していた。増加率をみると平均値は 1.06 で、 0.97 から 1.2 の範囲で分布していた。ストライドでは、男女とも、相関係数は 0.99 以上、 p 値は 0.1% 以下、増加率では 1.5 から 2.3 の範囲で、平均すると 1.8 倍であった。

6. 全シーズンの PB データをつかった統計値から男女別、記録別に最高速度時のストライドの目標値を提案した。男女ともにピッチを基準にして、男女それぞれの平均値と±1 標準偏差の 3 つのピッチの場合の目標となるストライドを算出した。この目標値の使用法について検討した。

参考文献

1. 阿江通良、鈴木美佐緒、宮西智久、岡田英孝、平野敬靖、世界一流スプリンターの 100m レースパターンの分析-男子を中心に-、世界一流陸上競技者の技術、ベースボール・マガジン社、東京、14-28, 1994
2. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、持田 尚、杉田正明、松林武生、貴嶋孝太、川崎知美、苅部俊二、土江寛裕、清田浩伸、麻場一徳、中村宏之、100m レースにおける 4 ステップごとにみたスピード、ピッチおよびストライドの変化、陸上競技研究紀要、7、21-29、2011
3. 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、松林武生、山本真帆、高橋恭平、小林海、杉田正明、男女 100m レースにおける記録と、スピード、ピッチおよびストライドの関係について、陸上競技研究紀要、10、64-74、2014
4. 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 シーズンと記録別にみた男女 100 m のレース分析について、陸上競技研究紀要、11、141-149、2015
5. Mureika, J. R., "A Realistic Quasi-Physical Model of the 100 Metre Dash," Can. J. Phys. 79, 697-713, 2001

表 3. 女子 100m における速度分析およびストライド分析の結果 (2016 シーズンの上位記録 10 位まで)

ランク	大会名	氏名	ラウンド	風 m/s	記録		記録										全体		最大ポイント時		最大値																																																																	
					s	m/s	上段: 通過時間(s)	中段: 区間通過時間(s)	下段: 区間通過時間(s)	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	ストライド step	ピッチ step/s	ストライド m	ピッチ step/s	ストライド m	ピッチ step/s	ストライド m	ピッチ step/s	ストライド m																																																										
1	SGGP	BARTOLETTA, Tianna	FI	-1.7	11.23	10.29	40m-50m	5.64	2.01	3.12	4.15	5.15	6.12	7.10	8.09	9.11	10.16	11.23	51.1	4.56	1.86	4.80	2.14	4.82	2.14	4.82	2.14	48.6																																																										
					4.98	8.95	9.75	10.23	10.99	10.99	9.80	9.59	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31	9.31																																																						
2	SGGP	OKAGABARE, Blessing	FI	-1.7	11.30	10.22	40m-50m	5.76	2.11	3.24	4.27	5.27	6.25	7.23	8.23	9.24	10.26	11.30	48.5	4.30	2.06	4.46	2.27	4.59	2.30	4.59	2.30	68.4																																																										
					4.75	8.84	9.66	10.17	10.05	9.90	9.77	9.61	9.45	9.29	9.13	8.97	8.81	8.65	8.49	8.33	8.17	8.01	7.85	7.69	7.53	7.37	7.21	7.05	6.89	6.73	6.57	6.41																																																						
3	SGGP	PIERRE, Barbara	FI	-1.7	11.40	10.12	40m-50m	5.63	1.99	3.10	4.14	5.13	6.12	7.12	8.15	9.20	10.29	11.40	56.4	4.95	1.77	5.30	1.92	5.42	1.92	5.42	1.92	44.3																																																										
					5.01	9.03	9.62	10.11	10.12	9.97	9.77	9.57	9.37	9.17	8.97	8.77	8.57	8.37	8.17	7.97	7.77	7.57	7.37	7.17	6.97	6.77	6.57	6.37	6.17	5.97	5.77	5.57	5.37																																																					
4	日本選手権	稲島 千里	FI	-0.2	11.45	9.84	50m-60m	6.77	2.01	3.15	4.21	5.24	6.26	7.27	8.30	9.34	10.38	11.45	53.3	4.65	1.88	4.94	1.99	4.94	2.02	5.51	2.02	39.0																																																										
					4.97	8.81	9.42	9.71	9.83	9.84	9.76	9.63	9.57	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35																																																				
5	布勢S	世古 和	FI	0.7	11.57	9.74	50m-60m	6.82	2.02	3.18	4.24	5.28	6.31	7.33	8.37	9.42	10.48	11.57	54.3	4.70	1.84	4.97	1.96	4.97	2.06	37.2	2.06	92.9																																																										
					4.96	8.61	9.43	9.58	9.74	9.74	9.66	9.54	9.40	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19	9.19																																																				
5	団体	齋藤 愛美	FI	2	11.57	9.87	50m-60m	6.85	2.05	3.21	4.29	5.33	6.35	7.36	8.39	9.43	10.49	11.57	54.2	4.69	1.84	4.89	2.02	5.00	2.17	2.04	77.2																																																											
					4.89	8.57	9.31	9.59	9.83	9.87	9.71	9.63	9.43	9.25	9.07	8.89	8.71	8.53	8.35	8.17	7.99	7.81	7.63	7.45	7.27	7.09	6.91	6.73	6.55	6.37	6.19	6.01	5.83	5.65	5.47	5.29	5.11	4.93	4.75	4.57	4.39	4.21	4.03	3.85	3.67	3.49	3.31	3.13	2.95	2.77	2.59	2.41	2.23	2.05	1.87	1.69	1.51	1.33	1.15	0.97	0.79	0.61	0.43	0.25	0.07																					
7	織田記念	BREEN, Melissa	FA	-1.8	11.59	9.91	40m-50m	5.84	2.11	3.26	4.32	5.34	6.34	7.37	8.41	9.45	10.52	11.59	50.3	4.35	1.99	4.59	2.15	4.63	2.19	2.03	92.4																																																											
					4.75	8.67	9.45	9.82	9.91	9.79	9.62	9.39	9.16	8.99	8.81	8.63	8.45	8.27	8.09	7.91	7.73	7.55	7.37	7.19	7.01	6.83	6.65	6.47	6.29	6.11	5.93	5.75	5.57	5.39	5.21	5.03	4.85	4.67	4.49	4.31	4.13	3.95	3.77	3.59	3.41	3.23	3.05	2.87	2.69	2.51	2.33	2.15	1.97	1.79	1.61	1.43	1.25	1.07	0.89	0.71	0.53	0.35	0.17	0.00																						
	団体	稲島 千里	FI	0.5	11.66	9.74	50m-60m	6.84	2.01	3.16	4.24	5.29	6.32	7.35	8.39	9.46	10.55	11.66	53.6	4.60	1.86	4.92	1.98	4.92	2.03	38.3																																																												
					4.98	8.65	9.30	9.50	9.67	9.74	9.59	9.42	9.16	8.99	8.81	8.63	8.45	8.27	8.09	7.91	7.73	7.55	7.37	7.19	7.01	6.83	6.65	6.47	6.29	6.11	5.93	5.75	5.57	5.39	5.21	5.03	4.85	4.67	4.49	4.31	4.13	3.95	3.77	3.59	3.41	3.23	3.05	2.87	2.69	2.51	2.33	2.15	1.97	1.79	1.61	1.43	1.25	1.07	0.89	0.71	0.53	0.35	0.17	0.00																						
	布勢S	世古 和	RI	1.1	11.88	9.75	40m-50m	5.84	2.04	3.21	4.28	5.32	6.35	7.39	8.44	9.50	10.57	11.68	54.8	4.69	1.83	4.89	2.00	5.00	2.16	2.03	84.2																																																											
					4.91	8.54	9.29	9.61	9.75	9.60	9.32	9.09	8.81	8.53	8.25	7.97	7.69	7.41	7.13	6.85	6.57	6.29	6.01	5.73	5.45	5.17	4.89	4.61	4.33	4.05	3.77	3.49	3.21	2.93	2.65	2.37	2.09	1.81	1.53	1.25	0.97	0.69	0.41	0.13	0.00																																									
8	布勢S	松田優美	FI	0.7	11.89	9.63	40m-50m	5.81	2.04	3.19	4.24	5.29	6.33	7.37	8.43	9.49	10.58	11.69	55.9	4.61	1.86	4.80	2.01	4.94	2.05	77.8																																																												
					4.91	8.69	9.49	9.53	9.63	9.53	9.38	9.16	8.94	8.72	8.50	8.28	8.06	7.84	7.62	7.40	7.18	6.96	6.74	6.52	6.30	6.08	5.86	5.64	5.42	5.20	4.98	4.76	4.54	4.32	4.10	3.88	3.66	3.44	3.22	3.00	2.78	2.56	2.34	2.12	1.90	1.68	1.46	1.24	1.02	0.80	0.58	0.36	0.14	0.00																																
9	団体	前山 美優	FI	0.5	11.73	9.68	50m-60m	6.90	2.07	3.22	4.30	5.35	6.38	7.42	8.47	9.53	10.62	11.73	49.5	4.22	2.02	4.38	2.22	4.55	2.22	59.5																																																												
					4.94	8.67	9.30	9.51	9.65	9.68	9.53	9.38	9.23	9.08	8.93	8.78	8.63	8.48	8.33	8.18	8.03	7.88	7.73	7.58	7.43	7.28	7.13	6.98	6.83	6.68	6.53	6.38	6.23	6.08	5.93	5.78	5.63	5.48	5.33	5.18	5.03	4.88	4.73	4.58	4.43	4.28	4.13	3.98	3.83	3.68	3.53	3.38	3.23	3.08	2.93	2.78	2.63	2.48	2.33	2.18	2.03	1.88	1.73	1.58	1.43	1.28	1.13	0.98	0.83	0.68	0.53	0.38	0.23	0.08	0.00											
	日本選手権	齋藤 愛美	FI	-0.2	11.74	9.78	40m-50m	5.86	2.15	3.34	4.40	5.45	6.47	7.50	8.54	9.59	10.66	11.74	55.4	4.72	1.80	4.94	1.98	5.07	2.13	2.01	91.4																																																											
					4.65	8.42	9.41	9.54	9.78	9.72	9.60	9.48	9.36	9.24	9.12	9.00	8.88	8.76	8.64	8.52	8.40	8.28	8.16	8.04	7.92	7.80	7.68	7.56	7.44	7.32	7.20	7.08	6.96	6.84	6.72	6.60	6.48	6.36	6.24	6.12	6.00	5.88	5.76	5.64	5.52	5.40	5.28	5.16	5.04	4.92	4.80	4.68	4.56	4.44	4.32	4.20	4.08	3.96	3.84	3.72	3.60	3.48	3.36	3.24	3.12	3.00	2.88	2.76	2.64	2.52	2.40	2.28	2.16	2.04	1.92	1.80	1.68	1.56	1.44	1.32	1.20	1.08	0.96	0.84	0.72	0.60
	日本選手権	世古 和	FI	-0.2	11.75	9.61	40m-50m	5.83	2.02	3.19	4.27	5.31	6.35	7.39	8.46	9.53	10.63	11.75	54.5	4.64	1.84	4.84	1.98	4.97	2.01	2.01	92.8																																																											
					4.95	8.55	9.26	9.60	9.61	9.58	9.40	9.22	9.04	8.86	8.68	8.50	8.32	8.14	7.96	7.78	7.60	7.42	7.24	7.06	6.88	6.70	6.52	6.34	6.16	5.98	5.80	5.62	5.44	5.26	5.08	4.90	4.72	4.54	4.36	4.18	4.00	3.82	3.64	3.46	3.28	3.10	2.92	2.74	2.56	2.38	2.20	2.02	1.84	1.66	1.48	1.30	1.12	0.94	0.76	0.58	0.40	0.22	0.04	0.00																						
10	布勢S	和田 麻希	FI	0.7	11.77	9.58	40m-50m	5.86	2.05	3.21	4.28	5.34	6.38	7.43	8.48	9.56	10.65	11.77	55.8	4.74	1.79	4.82	1.99	4.87	2.01	62.5																																																												
					4.88	8.59	9.37	9.47	9.58	9.56	9.46	9.29	9.15	8.95	8.75	8.55	8.35	8.15	7.95	7.75	7.55	7.35	7.15	6.95	6.75	6.55	6.35	6.15	5.95	5.75	5.55	5.35	5.15	4.95	4.75	4.55	4.35	4.15	3.95	3.75	3.55	3.35	3.15	2.95	2.75	2.55	2.35	2.15	1.95	1.75	1.55	1.35	1.15	0.95	0.75	0.55	0.35	0.15	0.00																											

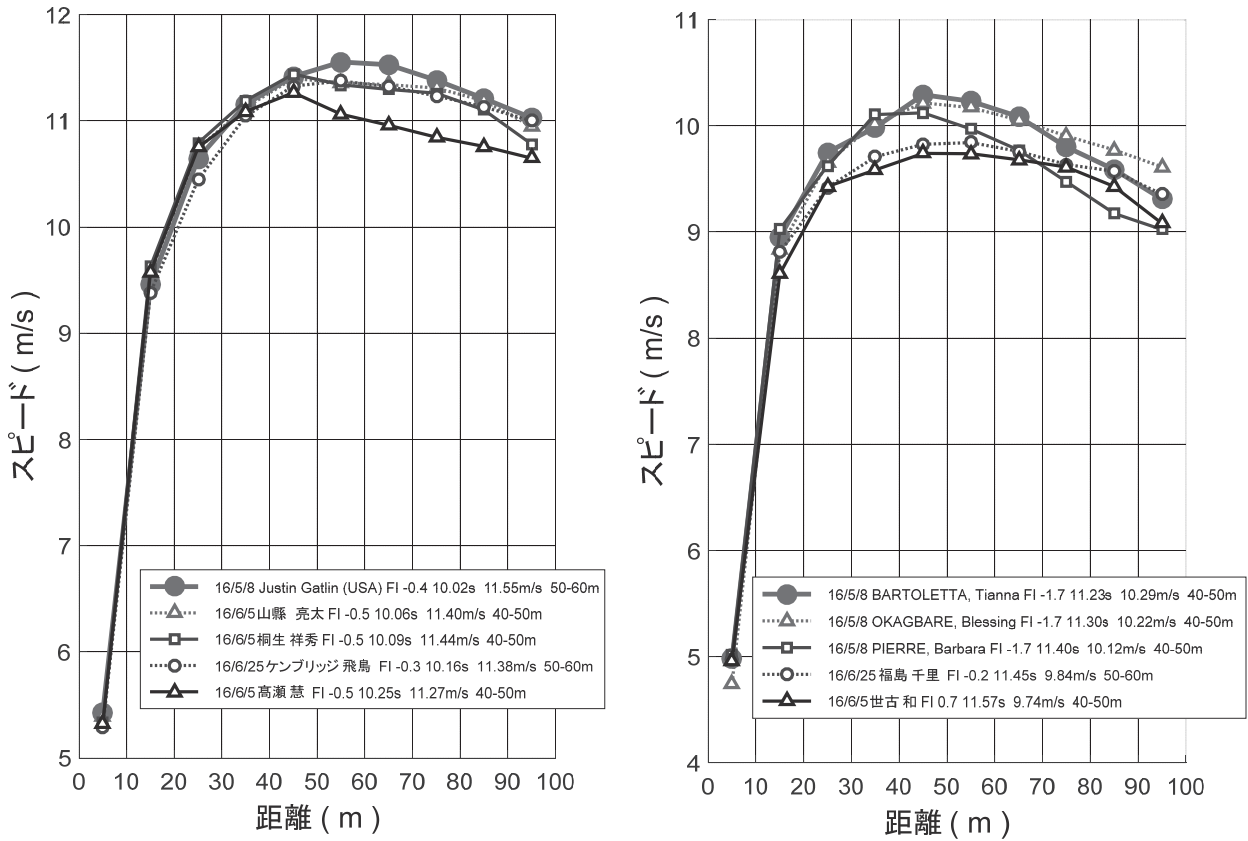


図1 2016シーズンの男女別にみた上位5名のスピード変化

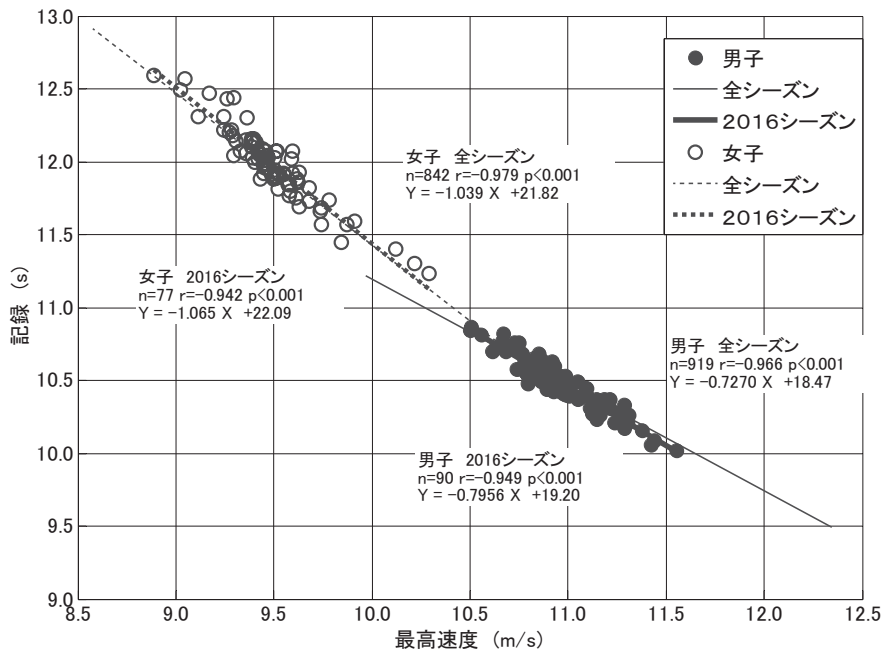


図2. 全シーズン（回帰直線のみ）と2016シーズンの延データでみた最高速度と記録との関係

表 4. 男女別、全データと個人ベストデータ、シーズン別にもみたレース分析の統計値

シーズン	データの種別	n	風			記録			最高速度			出現区間			減速率			記録-最高速度 回帰係数							
			mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	r	a	b				
全	延	919	0.3	1.3	-6.2	4.0	10.45	0.22	9.58	11.18	11.02	0.29	9.97	12.35	54.0	6.5	35	75	5.7	1.8	1.7	18.2	-0.966	-0.7270	18.47
	PB	207	0.4	1.0	-3.5	2.0	10.43	0.27	9.58	11.05	11.07	0.36	10.32	12.35	54.6	7.0	45	75	5.4	1.7	1.7	11.3	-0.974	-0.7378	18.60
	p値				0.667			0.185				0.056		0.217											
男子	延	90	-0.6	0.8	-2.5	0.8	10.46	0.18	10.02	10.87	10.98	0.21	10.50	11.55	51.9	5.9	35	65	5.5	1.8	1.7	10.8	-0.964	-0.8284	19.58
	PB	39	-0.4	0.6	-1.4	0.8	10.48	0.21	10.02	10.82	10.99	0.24	10.56	11.55	50.4	5.5	45	65	5.8	2.0	1.7	10.8	-0.962	-0.8268	19.56
	p値				0.103			0.661				0.920		0.180											
全	延	843	0.3	1.2	-3.0	3.5	11.80	0.36	10.54	13.08	9.64	0.34	8.58	10.99	48.0	6.9	35	85	7.2	1.9	1.0	14.5	-0.979	-1.0370	21.80
	PB	195	0.3	1.2	-3.0	2.0	11.79	0.47	10.73	13.08	9.67	0.44	8.58	10.87	48.4	7.2	35	85	6.9	1.8	2.0	12.7	-0.986	-1.0440	21.89
	p値				0.752			0.677				0.379		0.530											
女子	延	77	0.0	1.2	-2.1	2.0	11.98	0.26	11.23	12.59	9.49	0.23	8.89	10.29	47.9	5.6	35	55	7.9	2.1	4.7	14.1	-0.942	-1.0650	22.09
	PB	45	0.2	1.3	-2.1	2.0	11.97	0.29	11.23	12.57	9.50	0.27	9.02	10.29	48.1	5.1	35	55	7.5	1.8	4.7	13.3	-0.956	-1.0560	22.01
	p値				0.383			0.920				0.834		0.804											

全シーズン:1988~2016、全データ:測定例すべて

PB:個人別最大値(追い風参考記録を除く)

mean; 平均値, sd; 標準偏差, min; 最小値, max; 最大値

表 5. 男女別、シーズン別でもみた全データと個人ベストデータのストライド分析の統計値

シーズン	データの種別	n	記録 (s)			ステップ数			速度 (m/s)			最高速度時			ストライド (m)			レース中の最高値												
			mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max	mean	sd	min	max								
全	延	443	10.43	0.20	9.58	11.18	48.5	1.7	41.1	53.6	11.04	0.26	9.97	12.35	4.88	0.18	4.23	5.28	2.27	0.09	2.04	2.77	4.98	0.18	4.35	5.47	2.31	0.10	2.09	2.82
	PB	92	10.39	0.25	9.58	10.89	47.9	2.0	41.1	52.1	11.11	0.33	10.59	12.35	4.84	0.18	4.36	5.17	2.30	0.11	2.10	2.77	4.95	0.19	4.51	5.40	2.35	0.12	2.14	2.82
	p値				0.142			0.009				0.044		0.100				0.007												
男子	延	63	10.40	0.16	10.02	10.87	48.5	1.5	44.8	52.7	11.04	0.20	10.47	11.55	4.90	0.15	4.58	5.16	2.25	0.08	2.11	2.48	5.00	0.14	4.63	5.23	2.31	0.08	2.11	2.50
	PB	28	10.44	0.20	10.02	10.87	48.2	1.6	44.8	51.3	11.01	0.24	10.47	11.55	4.87	0.17	4.58	5.16	2.26	0.09	2.11	2.48	4.96	0.17	4.63	5.21	2.32	0.09	2.11	2.49
	p値				0.388			0.390				0.557		0.324				0.565												
全	延	379	11.79	0.30	10.73	12.88	53.0	2.5	46.6	59.9	9.65	0.28	8.73	10.87	4.72	0.22	4.22	5.33	2.05	0.10	1.81	2.35	4.81	0.24	4.34	6.57	2.08	0.11	1.82	2.41
	PB	92	11.83	0.38	10.73	12.88	52.6	2.5	46.6	58.0	9.62	0.37	8.73	10.87	4.65	0.21	4.22	5.30	2.07	0.11	1.88	2.35	4.75	0.20	4.34	5.42	2.09	0.11	1.89	2.41
	p値				0.299			0.119				0.344		0.014				0.097												
女子	延	59	11.91	0.24	11.23	12.47	53.4	2.2	47.4	59.1	9.56	0.21	9.24	10.24	4.71	0.22	4.22	5.30	2.03	0.09	1.81	2.27	4.83	0.31	4.34	6.57	2.06	0.09	1.86	2.30
	PB	38	11.91	0.28	11.23	12.47	53.1	2.3	47.4	59.1	9.58	0.25	9.24	10.24	4.68	0.24	4.22	5.30	2.05	0.10	1.81	2.27	4.77	0.23	4.34	5.42	2.08	0.10	1.86	2.30
	p値				0.898			0.434				0.776		0.453				0.378												

全シーズン:2009~2016、全データ:測定例すべて

PB:個人別最大値(追い風参考記録を除く)

mean; 平均値, sd; 標準偏差, min; 最小値, max; 最大値

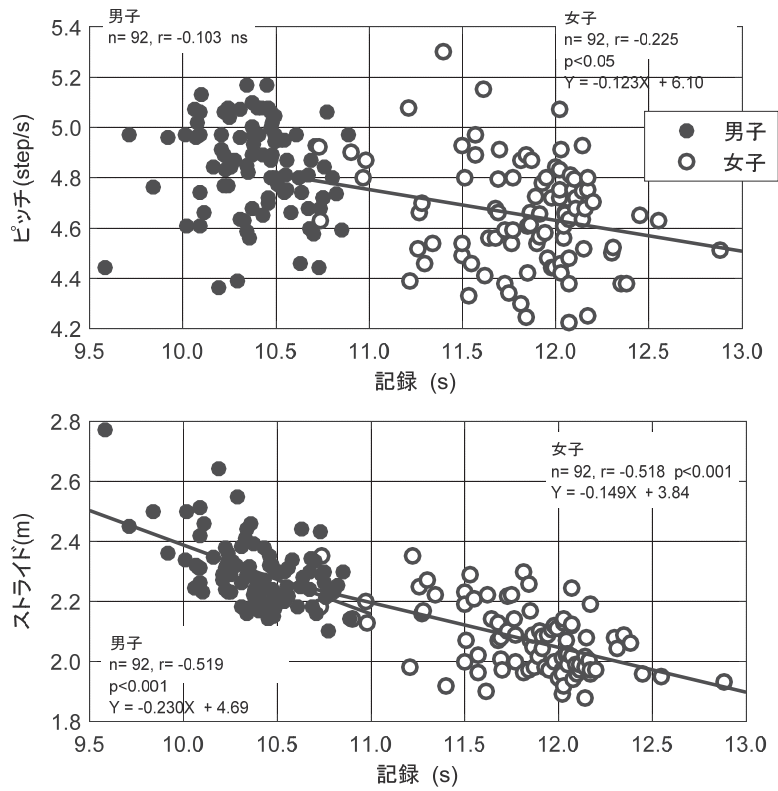


図3. 全シーズンのPBデータでみた記録と最高速度時のピッチ・ストライドとの関係

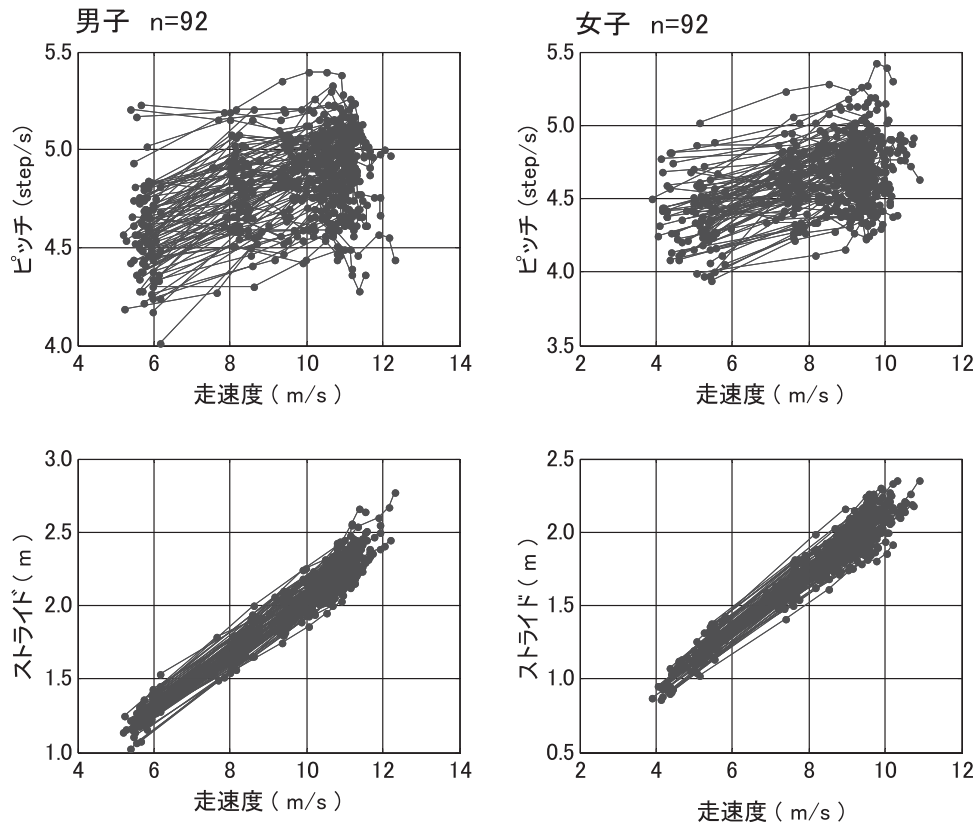


図4. 全シーズンのPBデータにて、男女別にスタートから最高速度までの速度とピッチおよびストライドとの関係
左側；男子、右側；女子、上段；ピッチ、下段；ストライド

表 6. スタートから最高速度までの速度とピッチおよびストライドとの回帰分析結果、および増加率

	項目	統計値	mean	sd	min	max
男子 n=92	ピッチ	相関係数	0.762	0.281	-0.525	0.992
		p値	0.102	0.228	0.000	0.961
		増加率	1.061	0.038	0.971	1.144
	ストライド	相関係数	0.997	0.001	0.993	1.000
		p値	0.000	0.000	0.000	0.000
		増加率	1.819	0.109	1.591	2.194
女子 n=92	ピッチ	相関係数	0.746	0.343	-0.634	0.998
		p値	0.096	0.210	0.000	0.954
		増加率	1.060	0.044	0.970	1.180
	ストライド	相関係数	0.998	0.002	0.990	1.000
		p値	0.000	0.000	0.000	0.000
		増加率	1.831	0.199	1.457	2.337

mean; 平均値、sd; 標準偏差、min; 最小値、max; 最大値

表 7. 統計値を用いた目標記録からみた最高速度、最高速度時ピッチの平均値と標準偏差から求めたストライド目標値

男子					女子				
100mタイム	最高速度 (m/s)	最高速度達成のための ピッチ(step/s)からみたストライドの長さ (m)			100mタイム	最高速度 (m/s)	最高速度達成のための ピッチ(step/s)からみたストライドの長さ (m)		
		4.66	4.84	5.03			4.44	4.65	4.86
9.50	12.32	2.65	2.54	2.45	10.50	10.90	2.45	2.34	2.24
9.60	12.19	2.62	2.52	2.42	10.60	10.80	2.43	2.32	2.22
9.70	12.05	2.59	2.49	2.40	10.70	10.71	2.41	2.30	2.20
9.80	11.92	2.56	2.46	2.37	10.80	10.61	2.39	2.28	2.18
9.90	11.78	2.53	2.43	2.34	10.90	10.52	2.37	2.26	2.16
10.00	11.64	2.50	2.40	2.32	11.00	10.42	2.34	2.24	2.14
10.10	11.51	2.47	2.38	2.29	11.10	10.32	2.32	2.22	2.12
10.20	11.37	2.44	2.35	2.26	11.20	10.23	2.30	2.20	2.10
10.30	11.24	2.41	2.32	2.24	11.30	10.13	2.28	2.18	2.08
10.40	11.10	2.38	2.29	2.21	11.40	10.04	2.26	2.16	2.06
10.50	10.97	2.35	2.26	2.18	11.50	9.94	2.24	2.14	2.05
10.60	10.83	2.33	2.24	2.15	11.60	9.85	2.22	2.12	2.03
10.70	10.69	2.30	2.21	2.13	11.70	9.75	2.19	2.10	2.01
10.80	10.56	2.27	2.18	2.10	11.80	9.66	2.17	2.08	1.99
10.90	10.42	2.24	2.15	2.07	11.90	9.56	2.15	2.05	1.97
11.00	10.29	2.21	2.12	2.05	12.00	9.47	2.13	2.03	1.95
11.20	10.02	2.15	2.07	1.99	12.10	9.37	2.11	2.01	1.93
11.40	9.74	2.09	2.01	1.94	12.20	9.27	2.09	1.99	1.91
11.60	9.47	2.03	1.96	1.88	12.30	9.18	2.07	1.97	1.89
11.80	9.20	1.98	1.90	1.83	12.40	9.08	2.04	1.95	1.87
12.00	8.93	1.92	1.84	1.78	12.50	8.99	2.02	1.93	1.85
					12.60	8.89	2.00	1.91	1.83
					12.70	8.80	1.98	1.89	1.81
					12.80	8.70	1.96	1.87	1.79
					12.90	8.61	1.94	1.85	1.77
					13.00	8.51	1.92	1.83	1.75

表作成のために用いた統計値(表4、表5より)
 男子; 最高速度 = (記録 - 18.58) / -0.737
 ピッチの平均値 ± 標準偏差 4.84 ± 0.18 (step/s)
 女子; 最高速度 = (記録 - 21.92) / -1.048
 ピッチの平均値 ± 標準偏差 4.65 ± 0.21 (step/s)