

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

松尾彰文¹⁾ 広川龍太郎²⁾ 柳谷登志雄³⁾ 松林武生⁴⁾ 山本真帆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) 目白大学 7) 三重大学

短距離100mでは、レース中の最高スピードと記録とが密接な関係にあり、最高スピードに達する距離をみると、40mから80mにばらついていることなどを報告してきた(松尾ら、2009、2010、2011、2013)。また、ピッチおよびストライドの変化についてはボルト選手の世界記録の年度(松尾ら、2010)からデータを蓄積してきた。レース中の最高スピードはピッチとストライドの積であることから、同じスピードでも無数のピッチとストライドの組み合わせがあると考えることができる。そこで、本年度の報告書では、2014年の日本選手権までのレース中のスピード、ピッチおよびストライドについて報告するとともに、2009年からのデータをもとにピッチとストライドを記録別の統計値でみると、選手ごとに記録との関係について検討した結果を報告する。

方法

1. 2014年のレース分析

2014年に国内で開催された出雲陸上、織田記念、ゴールデンランプリ、日本選手権においてレーザー式スピード計測装置(ラベック)を使ってレース中の疾走スピードを測定し、レース分析を行った

表1. レーザー方式で100mのレース中の疾走スピードを計測した大会と対象数

大会名	対象数		
	男子	女子	合計
吉岡隆徳記念第68回出雲陸上競技大会	18	11	29
第48回織田幹雄記念国際陸上競技大会	25	19	44
セイコーゴールデンランプリ陸上2014東京	7	7	14
第98回日本陸上競技選手権大会	28	17	45
合計	78	54	132

(表1)。述べ人数は男子78名、女子54名であった。

疾走スピードはレーザー方式により、10m区間ごとの通過タイム、区間タイムと区間平均スピードを求めた(松尾ら、2008)。また、レース中のスピードの最高値を最高スピード、それが出現した区間を出現区間、およびその区間の中間時点を出現時間とした。最高スピードから90mと100mの区間スピードへの低下率をスピード逡減率とした。

ピッチとストライドの分析には、スタートからラップタイム計測地点に2-3台と正面に設置したカメラで撮影されたハイスピードムービーを用い、4ステップごとに接地時間をカウントして、ピッチおよびストライドを求めた(松尾ら、2010、2011)。レース中の総ステップ、この値から平均ピッチと平均ストライドを算出し、最高スピード区間のピッチとストライド、また、ピッチとストライドの最高値が出現した区間を出現区間、また、その中間時点を出現時間とした。

2. 記録とスピード、ピッチとストライドの関係について

従来より記録と最高スピード、30mラップタイムおよびスピード逡減率との関係について報告してきた(松尾ら、2013)。いままでの報告では、測定結果、すべてを対象とし、2014年6月時点で、男子で約760例、女子で約700例のデータが収集されている。このデータの中には、追い風参考記録や同一選手でも複数例のデータが含まれている。そこで、本年度の報告書では、追い風参考記録を除外し、複数例のデータがある選手では、その中からもっとも記録のよかったレースのデータを個人の代表値として抽出した。このデータを基にして、記録と、最高スピード、30mラップタイムおよびスピード逡減率

との関係について検討した。

ピッチとストライド分析について、2009年から2014年6月まででデータ収集した件数は、男子350件、女子256件であった。これらのデータを記録別に集計して、タイム別に見て、レベルに応じた参照値を提案しようとした。

記録別の集計には2.0m/s以上の追い風参考記録を除外し、重複を避けるために選手ごとにもっともよい記録のレースの値を個人の代表値とした。対象となった選手は男子で69名、女子で49名であった。男女ともに0.2秒ごとのグループに分けて、それぞれで、記録、最高スピード、総ステップ数、平均ピッチ、平均ストライド、最高スピード時のピッチとストライドの平均値、最小値と最大値を求めた。男子では9.58秒のボルトから、9.79秒をA、9.80秒から9.99秒をB、以後0.2秒ごとにC、D、F、Gグループとし、女子では10.80秒から10.99秒をH、11.00秒から11.19秒をI、以後0.2秒ごとにJ、K、L、M、Nグループとした。グループ間の平均値の差を比較するために、分散分析を行い、有意水準を0.05とした。

個人内で記録とピッチおよびストライドの関係についても検討した。この集計には、すべてのレースを対象としたので、追い風参考記録も含んでいる。また、統計処理の信頼性を高めるために、2009年からの分析で10レース以上のデータがある選手を対象とした。男子で9名、女子でも9名であった。記録との関係は、統計的な処理として、相関係数を求め、有意水準は0.05とした。

結果と考察

1. 2014年のレース分析

表2には男子、表3には女子のレース分析結果とピッチストライド分析結果として、男子では測定した上位9位までの10名、女子では10位までの11名の日付、氏名、風速、記録、レース分析結果とピッチストライド分析の結果を示した。レース分析結果としては、最高スピードとそれが出現した区間および出現時間とスピード逓減率、10mごとの通過タイムである。また、表4には男子の11位以降、表5には女子の12位以降のレース分析とピッチストライド分析の結果を示した。ピッチストライド分析で空欄となっているのは、映像の不具合などの理由により、分析を行えなかった場合であった。

図1には男子、図2には女子の2014年で測定した上位4名までのレース分析として、スタートから

フィニッシュまでのスピード変化を示した。男女ともに、織田記念とゴールデングランプリのものであった。スピード変化の様子をみると、男女ともに、従来の報告(松尾ら、2013、2011)に類似した傾向であった。

男子についてみると、最も記録がよかったのはゴールデングランプリで向風3.5m/sの悪条件のなかでGatlin選手の10.02秒であった。向かい風でなければどの程度の記録が出たのであろうか(追記参照)。

女子では、日本人トップは織田記念の土井選手が記録した11.50秒であった。海外の上位2名との顕著な差は40m付近からのスピード差が顕著であった。

2. レース分析の集計結果

2.1. スピード分析について

陸連科学委員会で収集したデータおよび文献によるデータから、追風参考記録をのぞき、さらに、個人の重複を除くために選手ごとにみてもっともよい記録をその選手の代表値とした。男子では1988年から2014年までの176名、女子では1991年から2014年までの146名であった。これにより、測定回数が多い選手の影響がない集計値とみることができる。最高スピード、30mラップタイムおよびスピード逓減率と記録との関係をみたものを図3に示した。

最高スピードと記録との関係は、男女共に統計的に有意な相関関係(男子 $r=-0.976$, $p<0.001$ 、女子 $r=-0.988$, $p<0.001$)であった。このことから、最高スピードが記録と密接な関係にあり、競技力向上にはこの最高スピードの向上が重要であると考えられることができる。

30mラップタイムと記録との関係でも両者間で男女ともに統計的に有意な相関関係(男子 $r=0.873$, $p<0.001$ 、女子 $r=0.947$, $p<0.001$)であり、30m通過が早いほど記録も良い傾向にあることが示された。最高スピードとの相関係数を比べると男女ともに低くなっており、ばらつきが大きくなっていることがわかった。このことは、30mの通過が早いだけではなく、このあとの最高スピードまでにさらに加速できることも記録を向上させることが要因であるとも考えらえる。

スピード逓減率と記録との関係をみると男子では統計的に有意な相関が認められ、記録が良いほど、逓減率が低い傾向にあること示された。このことは、記録が良いほどスピードが低下しない傾向があるこ

表2. 2014年男子100mレース分析結果 分析対象の記録上位9位までのスピード分析とピッチストライド分析の結果
 ラウンドでは、FI; 決勝、SF; 準決勝、RI; 予選、FA; 決勝A、FB; 決勝1組、F2; 決勝2組、WU; ウォームアップレース) である。

大会名	氏名	ラウンド	風 m/s	レース分析										ピッチストライド分析																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
				記録		最高スピード		スピード 低減率		出現時間		通過時間、区間通過時間、区間スピード		全体		最高スピード時		最高値																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
				m/s	s	m/s	m	s	s	%	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
GGP東京	GATLIN Justin	FI	-3.5	10.02	11.52	10.22	50m-60m	6.03	1.88	2.90	3.83	0.89	4.71	5.59	6.46	7.33	8.21	9.11	10.02	10.92	11.81	12.70	13.59	14.48	15.37	16.26	17.15	18.04	18.93	19.82	20.71	21.60	22.49	23.38	24.27	25.16	26.05	26.94	27.83	28.72	29.61	30.50	31.39	32.28	33.17	34.06	34.95	35.84	36.73	37.62	38.51	39.40	40.29	41.18	42.07	42.96	43.85	44.74	45.63	46.52	47.41	48.30	49.19	50.08	50.97	51.86	52.75	53.64	54.53	55.42	56.31	57.20	58.09	58.98	59.87	60.76	61.65	62.54	63.43	64.32	65.21	66.10	66.99	67.88	68.77	69.66	70.55	71.44	72.33	73.22	74.11	75.00	75.89	76.78	77.67	78.56	79.45	80.34	81.23	82.12	83.01	83.90	84.79	85.68	86.57	87.46	88.35	89.24	90.13	91.02	91.91	92.80	93.69	94.58	95.47	96.36	97.25	98.14	99.03	99.92	100.81	101.70	102.59	103.48	104.37	105.26	106.15	107.04	107.93	108.82	109.71	110.60	111.49	112.38	113.27	114.16	115.05	115.94	116.83	117.72	118.61	119.50	120.39	121.28	122.17	123.06	123.95	124.84	125.73	126.62	127.51	128.40	129.29	130.18	131.07	131.96	132.85	133.74	134.63	135.52	136.41	137.30	138.19	139.08	139.97	140.86	141.75	142.64	143.53	144.42	145.31	146.20	147.09	147.98	148.87	149.76	150.65	151.54	152.43	153.32	154.21	155.10	155.99	156.88	157.77	158.66	159.55	160.44	161.33	162.22	163.11	164.00	164.89	165.78	166.67	167.56	168.45	169.34	170.23	171.12	172.01	172.90	173.79	174.68	175.57	176.46	177.35	178.24	179.13	180.02	180.91	181.80	182.69	183.58	184.47	185.36	186.25	187.14	188.03	188.92	189.81	190.70	191.59	192.48	193.37	194.26	195.15	196.04	196.93	197.82	198.71	199.60	200.49	201.38	202.27	203.16	204.05	204.94	205.83	206.72	207.61	208.50	209.39	210.28	211.17	212.06	212.95	213.84	214.73	215.62	216.51	217.40	218.29	219.18	220.07	220.96	221.85	222.74	223.63	224.52	225.41	226.30	227.19	228.08	228.97	229.86	230.75	231.64	232.53	233.42	234.31	235.20	236.09	236.98	237.87	238.76	239.65	240.54	241.43	242.32	243.21	244.10	244.99	245.88	246.77	247.66	248.55	249.44	250.33	251.22	252.11	253.00	253.89	254.78	255.67	256.56	257.45	258.34	259.23	260.12	261.01	261.90	262.79	263.68	264.57	265.46	266.35	267.24	268.13	269.02	269.91	270.80	271.69	272.58	273.47	274.36	275.25	276.14	277.03	277.92	278.81	279.70	280.59	281.48	282.37	283.26	284.15	285.04	285.93	286.82	287.71	288.60	289.49	290.38	291.27	292.16	293.05	293.94	294.83	295.72	296.61	297.50	298.39	299.28	300.17	301.06	301.95	302.84	303.73	304.62	305.51	306.40	307.29	308.18	309.07	309.96	310.85	311.74	312.63	313.52	314.41	315.30	316.19	317.08	317.97	318.86	319.75	320.64	321.53	322.42	323.31	324.20	325.09	325.98	326.87	327.76	328.65	329.54	330.43	331.32	332.21	333.10	333.99	334.88	335.77	336.66	337.55	338.44	339.33	340.22	341.11	342.00	342.89	343.78	344.67	345.56	346.45	347.34	348.23	349.12	350.01	350.90	351.79	352.68	353.57	354.46	355.35	356.24	357.13	358.02	358.91	359.80	360.69	361.58	362.47	363.36	364.25	365.14	366.03	366.92	367.81	368.70	369.59	370.48	371.37	372.26	373.15	374.04	374.93	375.82	376.71	377.60	378.49	379.38	380.27	381.16	382.05	382.94	383.83	384.72	385.61	386.50	387.39	388.28	389.17	390.06	390.95	391.84	392.73	393.62	394.51	395.40	396.29	397.18	398.07	398.96	399.85	400.74	401.63	402.52	403.41	404.30	405.19	406.08	406.97	407.86	408.75	409.64	410.53	411.42	412.31	413.20	414.09	414.98	415.87	416.76	417.65	418.54	419.43	420.32	421.21	422.10	422.99	423.88	424.77	425.66	426.55	427.44	428.33	429.22	430.11	431.00	431.89	432.78	433.67	434.56	435.45	436.34	437.23	438.12	439.01	439.90	440.79	441.68	442.57	443.46	444.35	445.24	446.13	447.02	447.91	448.80	449.69	450.58	451.47	452.36	453.25	454.14	455.03	455.92	456.81	457.70	458.59	459.48	460.37	461.26	462.15	463.04	463.93	464.82	465.71	466.60	467.49	468.38	469.27	470.16	471.05	471.94	472.83	473.72	474.61	475.50	476.39	477.28	478.17	479.06	479.95	480.84	481.73	482.62	483.51	484.40	485.29	486.18	487.07	487.96	488.85	489.74	490.63	491.52	492.41	493.30	494.19	495.08	495.97	496.86	497.75	498.64	499.53	500.42	501.31	502.20	503.09	503.98	504.87	505.76	506.65	507.54	508.43	509.32	510.21	511.10	511.99	512.88	513.77	514.66	515.55	516.44	517.33	518.22	519.11	520.00	520.89	521.78	522.67	523.56	524.45	525.34	526.23	527.12	528.01	528.90	529.79	530.68	531.57	532.46	533.35	534.24	535.13	536.02	536.91	537.80	538.69	539.58	540.47	541.36	542.25	543.14	544.03	544.92	545.81	546.70	547.59	548.48	549.37	550.26	551.15	552.04	552.93	553.82	554.71	555.60	556.49	557.38	558.27	559.16	560.05	560.94	561.83	562.72	563.61	564.50	565.39	566.28	567.17	568.06	568.95	569.84	570.73	571.62	572.51	573.40	574.29	575.18	576.07	576.96	577.85	578.74	579.63	580.52	581.41	582.30	583.19	584.08	584.97	585.86	586.75	587.64	588.53	589.42	590.31	591.20	592.09	592.98	593.87	594.76	595.65	596.54	597.43	598.32	599.21	600.10	600.99	601.88	602.77	603.66	604.55	605.44	606.33	607.22	608.11	609.00	609.89	610.78	611.67	612.56	613.45	614.34	615.23	616.12	617.01	617.90	618.79	619.68	620.57	621.46	622.35	623.24	624.13	625.02	625.91	626.80	627.69	628.58	629.47	630.36	631.25	632.14	633.03	633.92	634.81	635.70	636.59	637.48	638.37	639.26	640.15	641.04	641.93	642.82	643.71	644.60	645.49	646.38	647.27	648.16	649.05	649.94	650.83	651.72	652.61	653.50	654.39	655.28	656.17	657.06	657.95	658.84	659.73	660.62	661.51	662.40	663.29	664.18	665.07	665.96	666.85	667.74	668.63	669.52	670.41	671.30	672.19	673.08	673.97	674.86	675.75	676.64	677.53	678.42	679.31	680.20	681.09	681.98	682.87	683.76	684.65	685.54	686.43	687.32	688.21	689.10	690.00	690.89	691.78	692.67	693.56	694.45	695.34	696.23	697.12	698.01	698.90	699.79	700.68	701.57	702.46	703.35	704.24	705.13	706.02	706.91	707.80	708.69	709.58	710.47	711.36	712.25	713.14	714.03	714.92	715.81	716.70	717.59	718.48	719.37	720.26	721.15	722.04	722.93	723.82	724.71	725.60	726.49	727.38	728.27	729.16	730.05	730.94	731.83	732.72	733.61	734.50	735.39	736.28	737.17	738.06	738.95	739.84	740.73	741.62	742.51	743.40	744.29	745.18	746.07	746.96	747.85	748.74	749.63	750.52	751.41	752.30	753.19	754.08	754.97	755.86	756.75	757.64	758.53	759.42	760.31	761.20	762.09	762.98	763.87	764.76	765.65	766.54	767.43	768.32	769.21	770.10	770.99	771.88	772.77	773.66	774.55	775.44	776.33	777.22	778.11	779.00	779.89	780.78	781.67	782.56	783.45	784.34	785.23	786.12	787.01	787.90	788.79	789.68	790.57	791.46	792.35	793.24	794.13	795.02	795.91	796.80	797.69	798.58	799.47	800.36	801.25	802.14	803.03	803.92	804.81	805.70	806.59	807.48	808.37	809.26	810.15	811.04	811.93	812.82	813.71	814.60	815.49	816.38	817.27	818.16	819.05	819.94	820.83	821.72	822.61	823.50	824.39	825.28	826.17	827.06	827.95	828.84	829.73	830.62	831.51	832.40	833.29	834.18	835.07	835.96	836.85	837.74	838.63	839.52	840.41	841.30	842.19	843.08	843.97	844.86	845.75	846.64	847.53	848.42	849.31	850.20	851.09	851.98	852.87	853.76	854.65	855.54	856.43	857.32	858.21	859.10	860.00	860.89	861.78	862.67	863.56	864.45	865.34	866.23	867.12	868.01	868.90	869.79	870.68	871.57	872.46	873.35	874.24	875.13	876.02	876.91	877.80	878.69	879.58	880.47	881.36	882.25	883.14	884.03

表4 2014年男子100mレース分析結果 分析対象の記録上位11位以降のスピード分析とピッチストライド分析の結果

大会名	氏名	ラウンド	風	記録	レース分析							ピッチーストライド分析									
					最高スピード					スピード 低減率	全体			最高スピード時		最高値		ストライド			
					出現区間		出現時間		総歩数		ピッチ	ストライド	ピッチ	ストライド	ピッチ	出現区間		ストライド	出現区間		時間
					m/s	s	m/s	m		s						%	ステップ		s/s	m	
織田	江里口 匡史	R1	2	10.24	11.34	60m-70m	7.01	8.4	48.5	4.74	2.06	5.00	2.27	5.17	33.2	4.19	2.32	78.3	8.20		
織田	ケンブリッジ 飛鳥	R1	2.6	10.24	11.37	60m-70m	7.12	2.6	49.4	4.82	2.03	5.08	2.22	5.12	16.2	2.57	2.23	67.9	7.29		
織田	九鬼 巧	R1	2.6	10.24	11.31	50m-60m	6.15	5.9	46.9	4.58	2.13	4.68	2.42	4.87	25.4	3.55	2.43	90.8	9.41		
織田	大瀬戸 一馬	R1	2	10.25	11.18	50m-60m	6.17	3.5	48.6	4.74	2.06	4.87	2.29	5.06	41.8	4.98	2.29	68.7	7.40		
日本選手権	大瀬戸 一馬	R1	1.4	10.26	11.22	50m-60m	6.17	4.1	47.6	4.64	2.10	4.80	2.34	4.89	16.2	2.56	2.35	51.6	5.86		
出雲	高瀬 慧	WU	2.6	10.26	11.29	50m-60m	6.17	5.1	47.8	4.66	2.09	4.81	2.34	4.93	24.8	3.46	2.38	89.6	9.29		
出雲	桐生 祥秀	FI	0.6	10.26	11.32	40m-50m	5.27	7.0	49.8	4.86	2.01	5.19	2.19	5.19	48.9	5.61	2.28	93.4	9.64		
織田	山縣 亮太	FA	0.7	10.26	11.31	50m-60m	6.13	6.6	47.6	4.64	2.10	4.89	2.31	4.95	33.7	4.23	2.34	70.7	7.54		
日本選手権	山縣 亮太	R1	0.7	10.27	11.27	50m-60m	6.18	5.2	49.0	4.77	2.04	4.95	2.28	5.02	24.5	3.40	2.34	69.4	7.45		
出雲	藤光 謙司	WU	2.6	10.27	11.32	50m-60m	6.22	3.9	46.4	4.52	2.16	4.74	2.38	4.78	25.6	3.55	2.42	82.1	8.64		
日本選手権	山縣 亮太	FI	0.6	10.27	11.24	60m-70m	7.09	3.4	47.9	4.67	2.09	4.83	2.32	4.95	24.7	3.43	2.34	69.9	7.52		
日本選手権	江里口 匡史	R1	0.7	10.28	11.25	50m-60m	6.15	7.1	49.1	4.78	2.04	5.08	2.22	5.19	24.7	3.40	2.24	77.4	8.16		
日本選手権	塚原 直貴	R1	0.7	10.28	11.16	40m-50m	5.29	4.1	48.4	4.71	2.07	4.91	2.27	5.04	24.9	3.43	2.31	87.6	9.12		
日本選手権	女部田 祐	R1	0.7	10.30	11.24	60m-70m	7.14	2.8													
GGP東京	LEMAITRE Christophe	FI	-3.5	10.31	11.27	60m-70m	7.14	4.0	43.2	4.19	2.32	4.31	2.61	4.51	18.3	2.81	2.67	78.2	8.31		
織田	川面 聡大	R1	2.4	10.31	11.21	50m-60m	6.18	6.0	49.7	4.82	2.01	5.06	2.21	5.21	32.1	4.11	2.26	93.8	9.72		
織田	ケンブリッジ 飛鳥	FA	0.7	10.32	11.26	60m-70m	7.14	4.2	47.0	4.56	2.13	4.80	2.35	4.87	25.6	3.57	2.37	71.6	7.73		
日本選手権	九鬼 巧	R1	0.6	10.33	11.20	50m-60m	6.19	5.9	49.1	4.76	2.04	5.02	2.23	5.02	50.9	5.81	2.26	59.9	6.62		
出雲	桐生 祥秀	R1	1.8	10.33	11.28	50m-60m	6.19	8.4													
日本選手権	江里口 匡史	SF	0.8	10.33	11.14	50m-60m	6.17	5.8	49.1	4.75	2.04	5.00	2.22	5.15	33.2	4.19	2.25	77.3	8.18		
日本選手権	女部田 祐	SF	-0.5	10.34	11.21	50m-60m	6.28	2.6	51.3	4.96	1.95	5.17	2.16	5.30	30.0	4.00	2.21	72.9	7.87		
日本選手権	大瀬戸 一馬	SF	-0.5	10.34	11.04	40m-50m	5.26	5.2	48.5	4.69	2.06	4.91	2.26	5.00	25.1	3.40	2.26	78.6	8.32		
織田	小池 祐貴	R1	2.6	10.34	11.19	60m-70m	7.15	4.5													
日本選手権	寺田 健人	R1	0.6	10.35	11.21	40m-50m	5.33	6.9													
日本選手権	大瀬戸 一馬	FI	0.6	10.35	11.04	40m-50m	5.28	4.2	48.9	4.73	2.05	4.97	2.23	5.00	24.6	3.37	2.27	77.9	8.27		
出雲	塚原 直貴	R1	1.9	10.36	11.11	60m-70m	7.11	5.9	48.3	4.66	2.07	4.89	2.27	5.00	33.4	4.24	2.31	78.6	8.34		
日本選手権	九鬼 巧	SF	0.8	10.36	11.15	50m-60m	6.23	4.5	49.5	4.78	2.02	4.97	2.23	5.02	32.9	4.21	2.23	68.1	7.41		
織田	竹下 裕希	R1	2.4	10.36	11.11	50m-60m	6.23	3.7													
織田	川面 聡大	FB	1.8	10.36	11.13	50m-60m	6.22	5.1	49.9	4.82	2.00	5.00	2.22	5.17	24.1	3.38	2.22	49.7	5.74		
日本選手権	江里口 匡史	FI	0.6	10.37	11.22	40m-50m	5.31	7.9	48.9	4.72	2.04	5.06	2.22	5.10	41.7	5.01	2.26	86.3	9.05		
日本選手権	塚原 直貴	SF	0.8	10.37	11.08	50m-60m	6.23	4.3	48.4	4.67	2.07	4.83	2.29	5.02	51.1	5.87	2.29	78.3	8.34		
日本選手権	小谷 優介	R1	0.5	10.38	11.05	50m-60m	6.24	3.7													
日本選手権	竹下 裕希	R1	0.6	10.39	11.16	40m-50m	5.33	6.4													
日本選手権	川面 聡大	R1	0.6	10.39	11.04	50m-60m	6.21	5.3													
出雲	大瀬戸 一馬	R1	1.8	10.40	11.11	50m-60m	6.24	5.3													
出雲	大瀬戸 一馬	FI	0.6	10.40	10.97	50m-60m	6.21	5.2	48.7	4.68	2.05	5.04	2.19	5.04	15.9	2.54	2.25	85.4	9.01		
織田	須田 隼人	NG	1.3	10.40	11.17	50m-60m	6.29	4.4													
織田	高平 慎士	NG	2.3	10.40	11.08	50m-60m	6.23	6.3													
日本選手権	寺田 健人	SF	-0.5	10.42	11.06	40m-50m	5.34	5.5													
織田	小池 祐貴	FB	1.8	10.42	11.10	60m-70m	7.23	3.1	50.2	4.82	1.99	5.08	2.19	5.15	31.5	4.18	2.23	74.7	8.10		
日本選手権	原 翔太	R1	1.4	10.43	11.13	50m-60m	6.30	4.7	51.8	4.97	1.93	5.12	2.17	5.26	37.5	4.70	2.19	80.6	8.61		
織田	竹下 裕希	FB	1.8	10.43	11.08	40m-50m	5.34	5.0													
日本選手権	小池 祐貴	R1	1.4	10.44	11.09	50m-60m	6.34	2.8	50.9	4.88	1.96	5.08	2.18	5.19	38.8	4.85	2.23	91.0	9.60		
日本選手権	山口 竜哉	R1	0.5	10.45	11.10	60m-70m	7.20	5.9													
GGP東京	桐生 祥秀	FI	-3.5	10.46	10.90	60m-70m	7.15	5.8	49.6	4.74	2.02	5.02	2.18	5.17	24.0	3.33	2.30	93.9	9.86		
織田	小林 雄一	FB	1.8	10.46	11.01	70m-80m	8.14	3.5													
日本選手権	畠山 純	R1	0.6	10.47	10.97	40m-50m	5.27	7.6													
GGP東京	大瀬戸 一馬	FI	-3.5	10.47	10.80	40m-50m	5.32	2.9	49.2	4.69	2.03	4.91	2.20	4.91	33.2	4.22	2.24	68.5	7.50		
GGP東京	川面 聡大	FI	-3.5	10.48	10.95	50m-60m	6.23	6.6	50.9	4.86	1.97	5.15	2.14	5.19	24.0	3.32	2.16	66.1	7.24		
出雲	小林 雄一	FI	0.6	10.48	10.92	50m-60m	6.30	3.5	49.1	4.68	2.04	4.89	2.23	4.97	23.4	3.34	2.31	85.7	9.13		
織田	北村 拓也	NG	2.3	10.48	11.02	50m-60m	6.29	5.3													
織田	塚原 直貴	R1	2	10.48	10.97	70m-80m	8.13	4.7	47.9	4.57	2.09	4.80	2.29	4.93	24.8	3.49	2.33	87.9	9.33		
織田	野川 大地	R1	2.4	10.48	11.14	40m-50m	5.37	7.3													
日本選手権	川面 聡大	SF	0.8	10.49	10.99	50m-60m	6.28	5.5	51.0	4.86	1.96	5.12	2.13	5.17	23.6	3.33	2.17	91.3	9.65		
出雲	江里口 匡史	FI	0.6	10.49	10.97	40m-50m	5.33	6.4	49.5	4.72	2.02	5.02	2.18	5.15	32.5	4.19	2.25	94.3	9.93		
織田	末續 慎吾	NG	2.4	10.49	11.04	50m-60m	6.33	4.2													
出雲	西垣 佳哉	FI	0.6	10.51	10.84	40m-50m	5.28	6.2													
出雲	小林 雄一	R1	1.9	10.55	10.94	50m-60m	6.35	6.0													
出雲	藤澤 亮輔	FI	0.6	10.56	10.88	60m-70m	7.28	3.9													
出雲	堀江 新太郎	F2	0.6	10.56	10.96	50m-60m	6.33	7.0													
出雲	石塚 祐輔	WU	2.6	10.58	10.87	50m-60m	6.37	4.3													
出雲	高平 慎士	F2	0.6	10.58	10.84	60m-70m	7.25	6.6													
織田	西垣 佳哉	NG	1.3	10.59	10.77	40m-50m	5.32	7.3													
GGP東京	LEATHART Tim	FI	-3.5	10.63	10.92	50m-60m	6.40	6.0	45.6	4.29	2.19	4.46	2.44	4.66	17.2	2.75	2.55	93.5	9.99		
出雲	江里口 匡史	R1	1.9	10.70	10.98	40m-50m	5.42	11.7													
織田	永沼 賢治	NG	2.3	10.71	10.75	40m-50m	5.50	4.0													
出雲	馬場 友也	R1	1.8	10.75	10.62	60m-70m	7.36	4.7													
出雲	本間 圭祐	R1	1.8	10.86	10.58	50m-60m	6.49	6.8													

表 5. 2014年女子100mレース分析結果 分析対象の記録上位12位以降のスピード分析とピッチストライド分析の結果

大会名	氏名	ラウンド	風	レース分析					ピッチストライド分析										
				記録		最高スピード		スピード 低減率	全体			最高スピード時		最高値		ストライド			
				m/s	s	m/s	m		s	%	総歩数	ピッチ	ストライド	ピッチ	ストライド	ピッチ	出現区間	出現時間	ストライド
織田	世古 和	RI	3.5	11.67	9.76	50m-60m	6.92	6.7	55.6	4.76	1.80	4.95	1.97	5.06	20.5	3.29	2.01	90.6	10.64
GGP東京	土井 杏南	FI	-0.8	11.68	9.70	40m-50m	5.82	7.0	55.2	4.73	1.81	4.91	1.97	5.04	37.3	5.01	1.97	52.8	6.62
織田	青木 益未	FB	1.8	11.68	9.75	40m-50m	5.86	7.3	51.2	4.38	1.95	4.56	2.13	4.61	23.9	3.65	2.13	49.0	6.27
日本選手権	福島 千里	FI	0.3	11.69	9.64	30m-40m	6.87	6.7	55.2	4.72	1.81	4.95	1.95	5.10	29.7	4.19	1.98	60.7	7.41
出雲	世古 和	FI	0.9	11.70	9.73	40m-50m	5.88	6.5	55.2	4.72	1.81	4.83	2.01	4.97	14.0	2.55	2.01	44.1	5.79
織田	市川 華菜	RI	3.5	11.70	9.75	60m-70m	8.01	5.0	51.1	4.37	1.96	4.54	2.15	4.63	39.7	5.40	2.17	74.0	8.94
織田	渡辺 真弓	FA	1.5	11.70	9.84	40m-50m	5.83	10.3	52.3	4.47	1.91	4.72	2.09	4.78	15.5	2.73	2.12	56.2	6.98
織田	北風 沙織	RI	3.4	11.71	9.76	40m-50m	5.79	10.2	58.4	4.99	1.71	5.33	1.84	5.35	13.2	2.41	1.90	56.4	6.95
日本選手権	土井 杏南	FI	-0.3	11.72	9.69	40m-50m	5.83	7.4	55.0	4.69	1.82	4.95	1.95	5.02	21.9	3.41	2.02	92.2	10.84
織田	北風 沙織	FB	1.8	11.72	9.74	40m-50m	5.82	9.8	58.2	4.96	1.72	5.12	1.89	5.33	19.9	3.19	1.89	49.2	6.26
GGP東京	渡辺 真弓	FI	-0.8	11.73	9.75	40m-50m	5.81	9.0	52.5	4.48	1.90	4.66	2.08	4.74	16.0	2.71	2.08	48.1	6.11
織田	藤森 安奈	FA	1.5	11.73	9.66	50m-60m	6.89	7.5	51.6	4.39	1.94	4.59	2.10	4.78	8.3	1.82	2.15	73.0	8.78
織田	高森 真帆	FB	1.8	11.75	9.69	40m-50m	5.91	5.6											
出雲	藤森 安奈	FI	0.9	11.77	9.68	40m-50m	5.88	7.5	51.0	4.34	1.96	4.56	2.12	4.80	22.5	3.51	2.12	55.2	6.94
日本選手権	和田 麻希	RI	0.2	11.78	9.64	40m-50m	5.84	8.2	53.4	4.54	1.87	4.80	2.02	4.87	31.1	4.41	2.04	47.1	6.07
出雲	藤森 安奈	WU	1.9	11.78	9.62	40m-50m	5.90	7.1	51.1	4.34	1.96	4.56	2.11	4.80	22.5	3.51	2.14	88.8	10.53
織田	青木 益未	RI	3.5	11.78	9.63	40m-50m	5.89	7.9	51.4	4.36	1.95	4.52	2.13	4.61	8.2	1.80	2.19	73.7	8.89

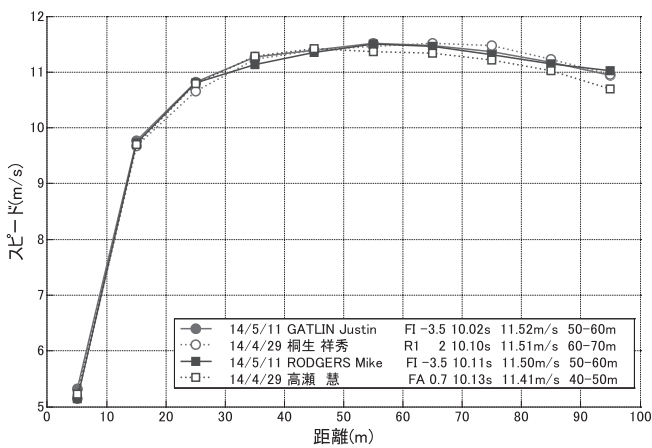


図 1. 男子100mにおける分析したトップ4名のスピード変化

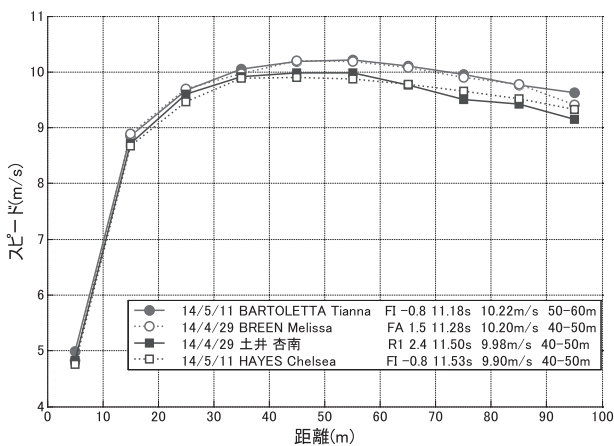


図 2. 女子100mにおける分析したトップ4名のスピード変化

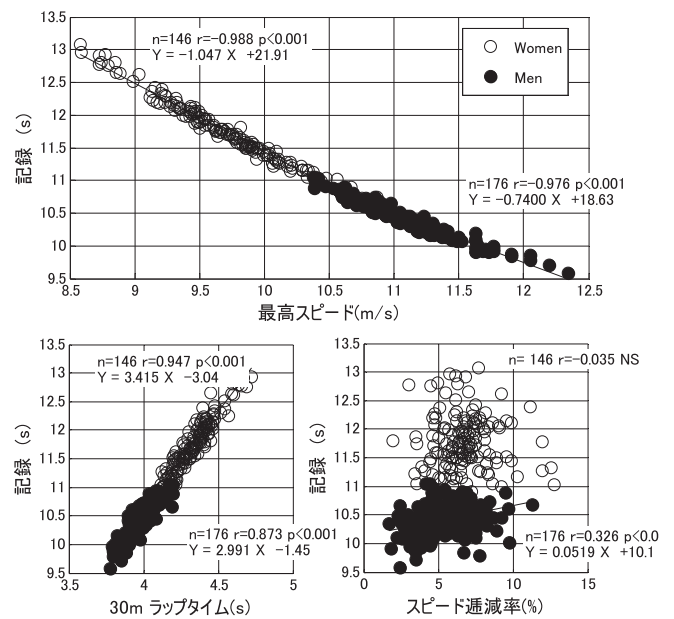


図 3. 陸連100mレース分析データベース内の個人ベストでみた最高スピード、30mラップタイムおよびスピード通減率と記録との関係

とを示すが、全体的にはばらつきが大きく、9秒台の記録でも、通減率が大きな例とか、10.5秒台でも通減率が小さな例も多数見られる。一方、女子ではスピード通減率と記録との間には、統計的に有意な相関関係が認められなかった。12秒前後の記録でもスピード低下が少ない例や、11.0秒前後のデータでも10%前後の記録の例があるなど、ばらつきが大きかった。しかしながら、0.01秒の差で順位や次のラウンドに進めなくなることもありえるので、僅差の競り合いには、このスピード通減率が低

表 6. 記録別のグループ別に見た記録、最高スピード、100 m の総ステップ数、平均ピッチ、平均ストライドおよび最高スピード時のピッチとストライド、グループ間の平均値の差の検定結果

ns; p > 0.05, *; p < 0.05, **; p < 0.01, ***; p < 0.001

	男子											女子													
	n	mean	sd	min	max	A	B	C	D	E	F	n	mean	sd	min	max	H	I	J	K	L	M			
記録(s)	A	2	9.645	0.092	9.58	9.71						H	5	10.86	0.122	10.73	10.98								
	B	2	9.880	0.057	9.84	9.92	***					I	2	11.17	0.014	11.16	11.18	***							
	C	12	10.098	0.060	10.01	10.19	***	***				J	4	11.26	0.029	11.22	11.28	***	ns						
	D	22	10.302	0.053	10.22	10.37	***	***	***			K	10	11.49	0.059	11.40	11.59	***	***	***					
	E	17	10.468	0.055	10.40	10.58	***	***	***	***		L	8	11.70	0.062	11.61	11.77	***	***	***	***				
	F	12	10.698	0.062	10.60	10.77	***	***	***	***	***	M	10	11.89	0.063	11.81	11.99	***	***	***	***	***			
	G	2	10.845	0.064	10.80	10.89	***	***	***	***	***	*	N	10	12.09	0.063	12.02	12.17	***	***	***	***	***	***	
最高スピード(m/s)	A	2	12.275	0.106	12.20	12.35						H	5	10.59	0.216	10.34	10.87								
	B	2	11.780	0.170	11.66	11.90	***					I	2	10.25	0.035	10.22	10.27	**							
	C	12	11.476	0.096	11.30	11.64	***	***				J	4	10.21	0.067	10.16	10.31	***	ns						
	D	22	11.228	0.085	11.05	11.37	***	***	***			K	10	9.985	0.083	9.86	10.12	***	ns	*					
	E	17	11.006	0.081	10.86	11.11	***	***	***	***		L	8	9.721	0.093	9.62	9.85	***	***	***	***				
	F	12	10.762	0.121	10.61	10.99	***	***	***	***	***		M	10	9.545	0.124	9.37	9.82	***	***	***	***	*		
	G	2	10.680	0.057	10.64	10.72	***	***	***	***	***	ns	N	10	9.388	0.069	9.27	9.48	***	***	***	***	***	*	
レース全体 総ステップ(step)	A	2	43.21	3.02	41.1	45.3						H	5	49.58	1.131	47.7	50.7								
	B	2	45.76	1.72	44.5	47.0	ns					I	2	50.95	0.919	50.3	51.6	ns							
	C	12	46.83	2.27	42.1	49.6	ns	ns				J	4	49.21	1.964	46.6	50.7	ns	ns						
	D	22	47.67	1.80	43.3	51.3	*	ns	ns			K	10	51.66	2.806	47.4	57.5	ns	ns	ns					
	E	17	49.09	1.70	46.5	52.1	***	ns	*	ns		L	8	51.65	2.246	49.0	55.6	ns	ns	ns	ns				
	F	12	48.72	1.82	45.6	51.4	**	ns	ns	ns	ns		M	10	52.32	2.020	48.3	55.0	ns	ns	ns	ns	ns		
	G	2	49.61	0.62	49.2	50.0	*	ns	ns	ns	ns	ns	N	10	54.10	2.255	49.2	57.4	**	ns	**	ns	ns	ns	
ピッチ(step/s)	A	2	4.480	0.269	4.29	4.67						H	5	4.564	0.086	4.44	4.65								
	B	2	4.630	0.141	4.53	4.73	ns					I	2	4.560	0.085	4.50	4.62	ns							
	C	12	4.638	0.225	4.13	4.91	ns	ns				J	4	4.368	0.165	4.15	4.50	ns	ns						
	D	22	4.627	0.180	4.21	4.96	ns	ns	ns			K	10	4.499	0.250	4.12	5.04	ns	ns	ns					
	E	17	4.689	0.171	4.46	5.00	ns	ns	ns	ns		L	8	4.416	0.194	4.19	4.76	ns	ns	ns	ns				
	F	12	4.554	0.165	4.29	4.80	ns	ns	ns	ns	ns		M	10	4.402	0.163	4.09	4.65	ns	ns	ns	ns	ns		
	G	2	4.570	0.028	4.55	4.59	ns	ns	ns	ns	ns	ns	N	10	4.474	0.194	4.04	4.72	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
ストライド(m)	A	2	2.320	0.156	2.21	2.43						H	5	2.018	0.049	1.97	2.10								
	B	2	2.190	0.085	2.13	2.25	ns					I	2	1.965	0.035	1.94	1.99	ns							
	C	12	2.139	0.108	2.02	2.38	ns	ns				J	4	2.035	0.085	1.97	2.15	ns	ns						
	D	22	2.101	0.080	1.95	2.31	*	ns	ns			K	10	1.941	0.102	1.74	2.11	ns	ns	ns					
	E	17	2.039	0.069	1.92	2.15	***	ns	*	ns		L	8	1.939	0.081	1.80	2.04	ns	ns	ns	ns				
	F	12	2.054	0.077	1.95	2.19	***	ns	ns	ns	ns		M	10	1.914	0.075	1.82	2.07	ns	ns	ns	ns	ns		
	G	2	2.015	0.021	2.00	2.03	**	ns	ns	ns	ns	ns	N	10	1.851	0.080	1.74	2.03	**	ns	**	ns	ns	ns	
最高スピード時 ピッチ(step/s)	A	2	4.705	0.375	4.44	4.97						H	5	4.824	0.118	4.63	4.92								
	B	2	4.860	0.141	4.76	4.96	ns					I	2	4.710	0.071	4.66	4.76	ns							
	C	12	4.844	0.212	4.36	5.06	ns	ns				J	4	4.575	0.152	4.39	4.70	ns	ns						
	D	22	4.831	0.211	4.39	5.17	ns	ns	ns			K	10	4.686	0.266	4.33	5.26	ns	ns	ns					
	E	17	4.891	0.189	4.61	5.26	ns	ns	ns	ns		L	8	4.604	0.202	4.34	4.95	ns	ns	ns	ns				
	F	12	4.707	0.282	4.04	5.06	ns	ns	ns	ns	ns		M	10	4.589	0.177	4.30	4.89	ns	ns	ns	ns	ns		
	G	2	4.885	0.120	4.80	4.97	ns	ns	ns	ns	ns	ns	N	10	4.701	0.209	4.25	4.93	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
ストライド(m)	A	2	2.610	0.226	2.45	2.77						H	5	2.200	0.089	2.13	2.35								
	B	2	2.430	0.099	2.36	2.50	ns					I	2	2.175	0.035	2.15	2.20	ns							
	C	12	2.385	0.112	2.25	2.64	ns	ns				J	4	2.233	0.088	2.16	2.35	ns	ns						
	D	22	2.347	0.144	2.16	2.83	ns	ns	ns			K	10	2.137	0.117	1.92	2.29	ns	ns	ns					
	E	17	2.256	0.084	2.10	2.40	**	ns	ns	ns		L	8	2.111	0.093	1.97	2.22	ns	ns	ns	ns				
	F	12	2.294	0.157	2.10	2.66	*	ns	ns	ns	ns		M	10	2.088	0.098	1.97	2.30	ns	ns	ns	ns	ns		
	G	2	2.185	0.064	2.14	2.23	*	ns	ns	ns	ns	ns	N	10	2.002	0.091	1.88	2.19	*	ns	***	ns	ns	ns	

男子			女子		
グループ名	記録範囲	n	グループ名	記録範囲	n
A	9.60-9.79	2	H	10.80-10.99	5
B	9.80-9.99	2	I	11.00-11.19	2
C	10.00-10.19	12	J	11.20-11.39	4
D	10.20-10.39	22	K	11.40-11.59	10
E	10.40-10.59	17	L	11.60-11.79	8
F	10.60-10.79	12	M	11.80-11.99	10
G	10.80-10.99	2	N	12.00-12.19	10
	合計	69		合計	49

い方が有利となるであろう。

2.2. ピッチストライド分析

2.2.1. 記録の範囲を分けてみた場合

表 6 には記録からおおよそ 0.2 秒ごとのグループに分けて記録、最高スピード、レース全体でみた総ステップ数、平均ピッチ、平均ストライド、最高スピード時のピッチとストライドをそれぞれのグループごとに平均値 (mean)、標準偏差 (sd)、最小値 (min)

および最大値 (max) とグループ間の平均値の差を分散分析より検定した結果を示した。男女ともに記録、最高スピードでは、グループ間の平均値は統計的に有意な差であることが示された。

レースの総ステップ数をみると男子では記録のよい A グループの 43 ステップから記録が下がるにつれて多くなる傾向が見られ G グループでは 50 ステップとなっている。男子 A グループは D, E, F と G グループとの平均値は有意な差が認められるが、他は、

CとE以外には差が認められなかった。全体で見てもっとも多いステップ数は、Eグループの52.1ステップであり、もっとも少ないのは、Aグループの41.1ステップであった。また、女子では、Hグループの50ステップから記録が下がるに依り、54ステップまで増加する傾向がみられるが、HとN、JとN以外には有意な差ではなかった。全体で見てもっとも多いステップ数は、Nグループの57.4ステップであり、もっとも少ないのは、Jグループの46.6ステップであった。

ピッチでは、男女ともにグループ間に有意な差は認められなかった。ストライドについては、100mをステップで除して求めているので、総ステップ数と同じような傾向であった。

最高スピード時のピッチをみると、もっとも早いのはEグループの4.891step/sであり、もっとも遅いのはAの4.705step/sで、グループ間の平均値の差は認められなかった。女子では、もっとも早いのはHグループの4.824step/s、もっとも遅いのはJの4.575step/sであり、男子同様にグループ間の平均値に有意な差は認められなかった。

最高スピード時のストライドでは、男子でもっとも長いのはAグループの2.610mで記録が低いほど短くなりGでは2.185mになっていた。グループ間での差をみるとAとはE、FおよびGとでは有意な差であったが、他のグループ間では有意ではなかった。女子では、Jグループが2.233mでもっとも長く、このグループよりも記録が低いほど短くなりNグループでは2.002mであった。グループ間の平均値の差をみると、HとN、JとNとの関係以外には、統計的な差がなかった。

疾走スピードは、ピッチとストライドの積であることから、同じスピードでもピッチとストライドの組み合わせ方は無数にあると考えられる。また、100mの記録は最高スピードと密接に関係していることから、レース全体だけではなく、最高スピード時のピッチおよびストライドについても検討した。その結果、平均値でみるとストライドは記録がよいほど長くなる傾向にあるようだが、統計的には差が認められなかった。また、ピッチでは、どのグループ間にも差がなかった。日本のトップレベルの選手は男女ともに、世界トップクラス(男子AとBグループ、女子HとIグループ)と比べてもピッチやストライドとも明らかな差がないことがわかった。このような結果から、日本の選手のピッチやストライドは、世界のトップクラスと同じくらいの範囲に分散しているとみることができよう。しかしながら、男

女ともに世界のトップレベルのサンプル数が少ないグループもあり、今後、さらにデータを収集し蓄積していく必要がある。また、数多くあつまることで、新たな知見が得られるかもしれない。

2.2.2. 選手別に記録との関係をみた場合

選手の特性について検討しようと、ピッチとストライドの分析が10レース以上ある選手について、記録との関係についてみたものが表7である。男女ともにそれぞれで9名がいた。

男子の記録の平均値がもっともよいのはS1の10.21秒で、ついでS2の10.30秒で、もっとも記録が低いのはS9の10.52秒であった。女子では、S11の11.41秒からS19の11.83秒であった。

最高スピードをみると、選手別の平均値でもっとも高いのは、男子ではS1の11.34m/s、女子ではS11の9.93m/sであった。最高スピードと記録との相関を選手別に見た場合に、全員が統計的には有意に高い相関関係(-0.980から-0.831)であった。このことは、個人内でも記録と最高スピードとは密接な関係にあり、最高スピードが高いときには、良い記録がでていることを示すものである。

ピッチ-ストライド分析のレース全体の値をみると、男子ではもっとも少なかったのがS9の47.19ステップ、平均ピッチがもっとも速いのがS5の4.815ステップ/sであった。男子の平均値をみると、総ステップが48.53ステップ、平均ピッチが4.68ステップ/s、平均のストライドが2.06mであった。女子ではそれぞれで、53.0ステップ、4.51ステップ/s、1.89mであった。男子の世界のトップクラスのレース中のピッチやストライドについての報告(Saloら、2011)がある。対象レースはオリンピック、世界選手権などのトップクラスの選手があつまる大会のものであった。選手別に見た記録の平均値は、10.02秒から10.17秒、平均ストライドは2.15m、平均ピッチは4.71ステップ/sであった。ストライドの計算で、本報告とはスタート時点とフィニッシュ付近の処理に違いがあるので直接的な比較は困難であるが、世界のトップスプリンターと比べピッチではほぼ同レベルであったが、ストライドでは差が見られた。

ピッチとストライドと記録がどのような関係にあるのかみるために、相関係数をもとに、比例関係の有無を統計的にみることにした。ピッチおよびストライドの相関を見てみると、ストライドとピッチ共に相関があつた選手は5名、ストライドだけに相関があつた選手は4名、ピッチだけに相関があつた選

表 7. データが 10 例以上ある選手の記録と最高スピード、レース全体の総ステップ数、平均ピッチ、平均ストライド、最高スピード時のピッチおよびストライドの選手別の平均値と記録との相関係数

ns; p > 0.05, *; p < 0.05, **; p < 0.01, ***; p < 0.001

選手	回数	記録(s)										レース全体										レース分析									
		最高スピード(m/s)										ピッチ(step/s)										ストライド(m)									
		mean	sd	min	max	r	sig	mean	sd	min	max	r	sig	mean	sd	min	max	r	sig	mean	sd	min	max	r	sig						
男子	S1	10	10.211	0.147	10.01	10.46	11.340	0.246	10.89	11.65	-0.980	***	48.40	0.80	47.3	49.6	0.548	ns	2.067	0.035	2.02	2.12	-0.468	ns	2.276	0.054	2.18	2.37	-0.773	**	
	S2	21	10.301	0.177	10.04	10.69	11.160	0.243	10.63	11.57	-0.976	***	48.35	0.80	47.1	50.2	0.611	**	2.069	0.033	1.99	2.12	-0.612	**	2.288	0.042	2.21	2.36	-0.582	**	
	S3	32	10.314	0.133	10.07	10.57	11.241	0.169	10.94	11.54	-0.918	***	48.59	0.55	47.6	49.6	0.623	***	2.058	0.024	2.02	2.10	-0.597	***	2.267	0.046	2.19	2.39	-0.530	**	
	S4	15	10.328	0.135	10.09	10.51	11.129	0.188	10.85	11.52	-0.980	***	47.25	1.07	45.5	48.6	0.623	*	4.577	0.082	4.40	4.71	0.047	ns	2.320	0.051	2.26	2.42	-0.646	**	
	S5	20	10.397	0.106	10.22	10.70	11.065	0.126	10.79	11.25	-0.914	***	50.04	0.48	49.2	51.0	0.307	ns	1.999	0.019	1.96	2.03	-0.254	**	2.185	0.029	2.13	2.24	-0.429	ns	
	S6	18	10.408	0.113	10.18	10.57	11.046	0.137	10.84	11.36	-0.964	***	49.83	0.45	48.8	50.6	0.634	**	4.787	0.040	4.69	4.84	-0.592	**	2.202	0.033	2.16	2.27	-0.628	**	
	S7	12	10.410	0.136	10.23	10.72	10.976	0.175	10.62	11.21	-0.967	***	48.20	0.59	47.5	49.2	0.220	ns	4.631	0.073	4.43	4.73	-0.644	*	2.281	0.049	2.20	2.34	-0.324	ns	
	S8	18	10.458	0.177	10.17	10.75	10.964	0.227	10.54	11.30	-0.964	***	48.92	0.70	47.7	50.3	0.679	**	4.679	0.059	4.56	4.79	-0.575	*	2.233	0.066	2.16	2.44	-0.713	***	
	S9	10	10.523	0.086	10.33	10.64	10.967	0.120	10.79	11.24	-0.977	***	47.19	0.68	46.1	48.2	0.125	ns	4.484	0.069	4.35	4.57	-0.419	ns	2.308	0.040	2.23	2.35	-0.508	ns	
	mean	17.3	10.372	0.134	10.15	10.62	11.099	0.181	10.77	11.40	-0.949		48.53	0.68	47.4	49.7	0.486		4.680	0.063	4.53	4.77	-0.465		2.262	0.046	2.19	2.35	-0.570		
	sd	6.9	0.093	0.030	0.10	0.10	0.131	0.049	0.14	0.17	0.037		0.98	0.19	1.2	0.9	0.209		0.104	0.013	0.12	0.09	0.214		0.106	0.016	0.14	0.11	0.161		
	worldclass(SaloE5, 2011)	10.12										46.5																			
女子	S11	32	11.408	0.134	11.16	11.74	9.928	0.157	9.50	10.27	-0.925	***	53.12	1.16	50.4	55.1	-0.042	ns	4.658	0.117	4.36	4.86	-0.498	**	1.883	0.042	1.81	1.99	0.024	ns	
	S12	12	11.642	0.108	11.50	11.82	9.773	0.115	9.59	9.98	-0.831	***	54.66	0.34	54.4	55.2	0.436	ns	4.698	0.040	4.61	4.74	-0.760	**	1.830	0.012	1.81	1.84	-0.349	ns	
	S13	23	11.673	0.195	11.34	12.02	9.798	0.210	9.45	10.13	-0.971	***	50.36	0.59	49.2	51.6	0.564	**	4.314	0.060	4.21	4.43	-0.721	***	1.985	0.023	1.94	2.03	-0.592	**	
	S14	10	11.701	0.235	11.28	12.04	9.713	0.236	9.35	10.16	-0.980	***	50.34	1.16	48.8	52.1	0.847	**	4.304	0.052	4.20	4.37	-0.655	ns	1.988	0.044	1.92	2.05	-0.853	**	
	S15	11	11.745	0.150	11.50	12.04	9.673	0.151	9.42	9.94	-0.946	***	52.32	0.92	49.9	53.3	-0.056	ns	4.455	0.099	4.19	4.36	-0.629	*	1.912	0.033	1.88	2.00	0.098	ns	
	S16	14	11.746	0.134	11.46	12.02	9.730	0.120	9.48	9.99	-0.977	***	51.13	0.78	50.2	53.3	0.500	ns	4.354	0.058	4.27	4.51	-0.288	ns	1.956	0.029	1.88	1.99	-0.321	ns	
	S17	23	11.748	0.153	11.51	12.04	9.732	0.149	9.41	10.01	-0.918	***	52.97	0.99	50.7	54.3	0.364	ns	4.510	0.084	4.31	4.64	-0.316	ns	1.888	0.036	1.84	1.97	-0.373	ns	
	S18	18	11.782	0.170	11.40	12.12	9.655	0.176	9.28	10.09	-0.938	***	58.41	0.82	57.1	59.9	0.713	***	4.958	0.055	4.83	5.05	-0.414	ns	1.711	0.024	1.67	1.75	-0.702	**	
	S19	12	11.831	0.115	11.68	12.05	9.579	0.113	9.35	9.70	-0.944	***	53.39	1.03	51.7	55.2	0.589	*	4.514	0.071	4.41	4.60	0.114	ns	1.874	0.036	1.81	1.93	-0.578	*	
	mean	17.2	11.697	0.155	11.43	11.99	9.731	0.159	9.43	10.03	-0.937		52.97	0.87	51.4	54.4	0.435		4.529	0.071	4.38	4.64	-0.396		1.892	0.031	1.84	1.95	-0.427	*	
	sd	7.4	0.122	0.040	0.15	0.12	0.099	0.043	0.09	0.16	0.045		2.50	0.27	2.7	2.4	0.309		0.213	0.025	0.22	0.21	0.285		0.086	0.010	0.08	0.10	0.317		

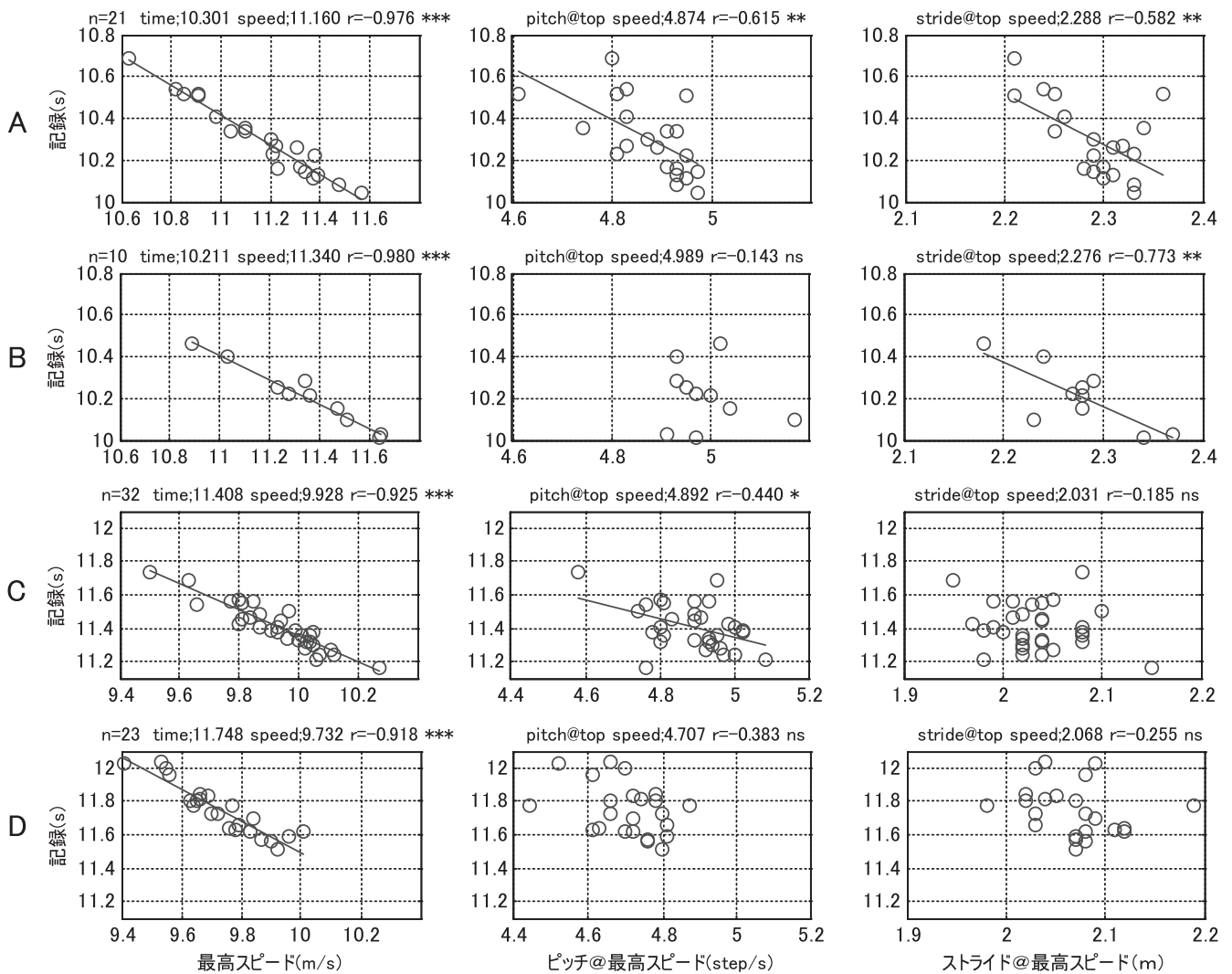


図4. 選手別に見た最高スピード、最高スピード時のピッチおよびストライドと記録との関係における4つのパターン例

各図、最上段には、最高スピードではレース数、記録の平均値、最高スピードの平均値、相関係数と有意水準、最高スピード時のピッチ（ピッチ@最高スピード）では、ピッチの平均値、相関係数と有意水準、最高スピード時のストライド（ストライド@最高スピード）では、ストライドの平均値、相関係数と有意水準を示した。有意水準は ns; $p>0.05$, *; $p<0.05$, **; $p<0.01$, ***; $p<0.001$ で示した。

手は5名、両方とも相関がなかった選手は4名であり、相関係数の有無で分類すると4つのタイプがあることがわかった。ピッチとストライドともに記録と相関している選手は、ピッチが速くてストライドも長いほど、記録が良いという傾向にある。ストライドだけに相関が見られた選手では、ピッチと記録とは一定の傾向がないが、ストライドが長いほど記録が良い。ピッチだけに相関が見られたのは、逆に、ストライドと記録とは一定の関係がないが、ピッチが早いときには、良い記録がでる傾向にある。また、両者ともに相関がない場合には、一定の傾向がないので、記録はピッチおよびストライドともに比例傾向が少ないと考えることができよう。男女ともに4つのタイプに分散しており、どのタイプが望ましい

のかではなく、いろいろなタイプがあると考えられる。

レース全体で見ると、ピッチおよびストライドも変動していることが報告されている（松尾ら、2010）し、最高スピードと記録とが密接な関係にあるので、最高スピード時のピッチとストライドの関係について検討した。最高スピードのときのピッチとストライドと記録との関係を統計的にみると、両者ともに相関があった選手は2名、ストライドだけに相関があった選手は9名、ピッチだけに相関があった選手は1名、両者ともに相関がなかったのは6名であった。レース全体で見ただけの場合にはそれぞれのタイプが分散していたが、最高スピード時のピッチとストライドでみると、ストライドと記録の相関

がある人数が半数以上におよんだ。それぞれのタイプの典型的な例を図4に示した。上から両方とも相関がある場合、ストライドだけに相関がある場合、ピッチだけが相関がある場合と両方とも相関がない場合の典型例を示した。上2段のAとBは男子選手、下の2段のCとDは女子選手である。最高スピードと記録とは非常に高い相関が見られるが、ピッチおよびストライドになると相関係数が小さくなっている。これは、相関関係があるとはいえ、最高スピードとピッチやストライドではバラツキが大きく、同じ程度のストライドでも記録の分散が大きい選手もいる。したがって、統計的に相関があるからといって、単純にその指標を伸ばせがよいというわけではない。ストライドと比例関係があるタイプで、ピッチを少なくしてストライドを伸ばすのではなく、ピッチを保持したままでストライドを伸ばせることが最高スピードを向上させる方向性を考える方が妥当であろう。逆の場合では、ある程度のストライドを保持できたうえでのピッチの向上がスピードアップにつながると考えられる。

これらの分析結果は、選手別に記録との関係を見た場合に、ピッチとストライドとの関係を記録との関係で見た場合にはおおよそ4つのタイプがあるということがわかった。選手別にみるとバラツキが大きく、統計的な有意性を重視することよりも、バラツキもあわせて今後の競技力向上に向けた方向性を検討するとともに、その成果とも擦り合わせる必要があるだろう。オリンピック選手がピッチを維持してストライドを伸ばして記録を向上させようと意図したトレーニングで、結果として従来と比較してピッチの上昇がみられたという事例（土江、2004）もある。これらのことから、このような処理により選手のタイプを検討するための一助になるだろうが、トレーニングへの応用は慎重な議論が必要であり、さらに、そのあとのトレーニングの意図とその成果に関する情報交換が重要となってくるであろう。

まとめ

2014年の出雲陸上から日本選手権までの男女100mレース中のスピード、ピッチおよびストライドを分析した。また、今まで蓄積してきたデータをもとに、スピード分析やピッチ-ストライド分析結果について集計を試みた。

1. 男子についてみると2014の日本選手権までに計測してもっともよい記録はゴールデングランブ

リのGatlin選手の10.02秒(-3.5m/s)で、レース中の最高スピードは10.52m/sであった。女子ではもっとも記録がよかったのもゴールデングランプリでのBartoletta選手の11.18秒(-0.8m/s)で、最高スピードは10.22m/sであった。

2. 従来から蓄積されたデータから追風参考記録を除外し、複数例のデータがある選手では、その中からもっとも記録のよかったレースのデータを個人の代表値として抽出した。このデータを基にして、記録と、最高スピード、30mラップタイムおよびスピード逓減率との関係について検討した結果、男女ともに最高スピードと記録、および30mラップタイムとは統計的に有意な相関関係があることが示され、30mラップタイムが速く、最高スピードが高いほど記録も良いことが示された。しかしながら、スピード逓減率では、男子では有意な相関がみられ記録が良いほど逓減率が低くなる傾向にあるが、女子では有意な相関ではなかった。
3. 記録からおおよそ0.2秒ごとのグループに分けて記録、最高スピード、レース全体でみた総ステップ数、平均ピッチ、平均ストライド、最高スピード時のピッチとストライドをそれぞれのグループごとに平均値(mean)、標準偏差(sd)、最小値(min)および最大値(max)とグループ間の平均値の差を分散分析より検定した結果を示した。男女ともに記録、最高スピードでは、グループ間の平均値は統計的に有意な差であることが示されたが、ピッチではさがなく、ストライドでは一部のグループ間で差が認められた。
4. 選手の実績について検討するために、ピッチとストライドの分析が10レース以上ある選手について、記録との関係についてみた。男女ともに9名ずつの選手が抽出できた。記録と最高スピード時のピッチとストライドの関係を見ると、ピッチとストライドともに記録と相関するタイプの選手が2名、ストライドだけに相関があった選手は9名、ピッチだけに相関があった選手は1名、両者ともに相関がなかったのは6名であり、4つのタイプに分類できることがわかった。

参考文献

- 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、杉田正明、2008年男女100m、110mハードルおよび100mハードルのレース分析、陸上競技研究紀要、5、50-62、2009
- 松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、杉田正明、

2009年シーズンにおける直走路種目のスピードとストライドの分析、陸上競技研究紀要、6、63-69、2010

松尾彰文、持田尚、法元康二、小山宏之、阿江通良、世界トップスプリンターのストライド頻度とストライド長の変化、陸上競技研究紀要、6、56-62、2010

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

松尾彰文、広川龍太郎、柳谷登志雄、小林海、松林武生、貴嶋孝太、山本真帆、綿谷貴志、渡辺圭佑、杉田正明、2012年および2013年の100mレースにおけるスピード変化と最高スピード出現区間について、陸上競技研究紀要、第9巻、50-55、2013

Mureika, J. R., A Realistic Quasi-Physical Model of the 100 Metre Dash, Can. J. Phys. 79, 697-713, 2001

SALO, A. I. T., I. N. BEZODIS, A. M. BATTERHAM, and D. G. KERWIN. Elite Sprinting: Are Athletes Individually Step-Frequency or Step-Length Reliant?, Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 43, No. 6, pp. 1055-1062, 2011.

土江寛裕、アテネオリンピックに向けての「走りの改革」の取り組み、スポーツ科学研究、1、10-17、2004

追記 ; Gatlin 選手の向風 3.5m/s での 10.02 秒について

ゴールドングランプリで男子 100m 決勝では強い向風 3.5m であった。そんな中でも Gatlin 選手は 10.02 秒でフィニッシュした。これは、いったいどのくらいの記録に相当するのだろうか。風速や標高を補正する方法についての報告をもとにして無風、標高 0m でのタイムをもとめてみた。その結果を追記表に示した。Gatlin 選手の記録は 9.80 秒、桐生選手では 10.22 秒、大瀬戸選手では 10.23 秒、川面選手では 10.24 秒となった。9.80 秒であれば 91 年世界選手権の Lewis の 9.86 秒よりもよかったことになる。また、追風 2.0m/s であればどうなったであろうか。計算式を活用すると補正タイムが 9.80 秒になる記録は 9.71 秒であった。日本選手でもさ

追記表 . GGP における男子 100m 決勝 (風 -3.5m/s) の主な選手の記録と無風、標高 0m の条件に補正した記録および両者間の差

	記録(s)	補正記録(s)	記録との差(s)
Gatlin	10.02	9.80	0.22
桐生	10.46	10.22	0.24
大瀬戸	10.47	10.23	0.24
川面	10.48	10.24	0.24

補正式 (Mureika, J. R., 2001)

$$t_{0,0} \approx [1.027 - 0.027 \exp(-0.00125 H) (1 - w \cdot t_{w,H} / 100)^2] t_{w,H}$$

ここで、 $t_{0,0}$ は無風、標高 0m 条件に補正した記録、 \exp は指数関数、 H は標高 (m)、 w はレース中の風速 (m/s)、 $t_{w,H}$ は対象とするレースの記録
国立競技場の標高を 30m として計算した。

らに 0.10 秒よくなり、それぞれで 10.12 秒、10.13 秒と 10.14 秒になった。

また、2013/ 第 97 回日本選手権 Statistics Information で <男子 / 100m / 風速が記録におよぼす影響> についての資料が提供されている。ここでは「平地で無風の条件下で 10.00 秒で走った場合の影響を算出」した結果が示されている。Gatlin の記録は 10.00 秒ではないが、向かい風 3.5m/s の場合をみると、0.368 秒となっているので、10.02 秒からひくと 9.652 秒となる。また、この数値をさらに桐生選手、大瀬戸選手や川面選手の記録に応用すると彼らの記録は 10.1 秒前後となる。さらに、追風 2.0m/s の条件のときを試算すると、さらに 0.161 秒記録がよくなることになり、世界記録や、日本人初の 9 秒台が見られたという結果となった。

風の影響については、投影面積、空気密度、温度などの条件を考慮する必要があるので非常に複雑であり、レポートによって計算式が異なる。いずれにせよ、短距離レースにとって、追風により相当の利得があることは確かであり、短距離レースの記録には風条件の付記が不可欠ということである。