

女子中距離走者のレースペースと走動作 — 2005年千葉 IH 女子 800m での小林祐梨子選手に着目して—

門野洋介¹⁾ 阿江通良²⁾ 榎本靖士³⁾ 杉田正明⁴⁾

1) 筑波大学人間総合科学研究科 2) 筑波大学体育科学系 3) 京都教育大学教育学部
4) 三重大学教育学部

1. 目的

2005年度の小林祐梨子選手(須磨学園高校2年, 兵庫)の国内外での中距離種目における活躍は素晴らしく, 今後日本の女子中距離界の第一人者として, 国内のみならず, 国際大会においても更なる活躍が期待される。

中距離走に関するバイオメカニクスの研究には, 大きく分けて2つのタイプの研究が存在すると考えられる。1つめは, レースのスピード, ストライド, ピッチの変化を検討した研究に代表されるペース分析である。2つめは, 中距離走者の走動作そのものに関する研究である。前者のタイプの研究はこれまで数多く行われ, 現在でもデータが蓄積されている。後者のタイプの研究は, 前者に比べると少なく, 中距離走動作に関してはまだ明らかとなっていない点が多い。また中距離走は, レースパターンやスピードの変化が一様でないため, 動作を研究する際には, ペースの変化を考慮に入れて検討するべきであろう。したがって, ペース分析と動作分析とを併せて行うことが, 中距離走に関する有益な知見を得ることに役立つであろう。

そこで本報告では, 2005年千葉 IH 女子 800m 決勝での小林祐梨子選手と, 2位の太田暁音選手(村上桜ヶ丘高校2年, 新潟)の2名の選手を対象に, ペース分析と動作分析を行い, 両選手のレースパターン

と走動作の特徴を明らかにし, 女子中距離走者のレースパターンと走動作に関する基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 方法

2005年8月5日千葉 IH での女子 800m 決勝レースにてデータ収集を行い, 優勝した小林祐梨子選手(須磨学園高校2年, 兵庫)と2位の太田暁音選手(村上桜ヶ丘高校2年, 新潟)の2名を対象に分析を行った。表1は両選手の身体的特性および記録を示したものである。

2.1 ペース分析のためのデータ収集とその処理

レースを2~4台のDVカメラで撮影した。スタートピストルの閃光を映した後, 選手を追従撮影し, 120地点, 200~700mまでの100mごとの地点を通過した時間をVTR画像から読み取った。各地点の通過タイムから各100m区間に要した時間を算出し, 区間タイムと区間平均スピード(以降, スピード)を算出した。

2.2 動作分析のためのデータ収集とその処理

トラックのグラウンドレベルのホームストレート中央およびバックストレート中央付近に計2台のDVカメラを設置し, 選手の側方からVTR撮影した。

表1 選手の身体的特性および記録

名前	所属	身長(m)	体重(kg)	レース記録	自己記録
小林祐梨子	須磨学園2年(兵庫)	1.62	48.5	2.05.90	2.05.84
太田暁音	村上桜ヶ丘2年(新潟)	1.67	49.0	2.08.59	2.07.60

撮影スピードは毎秒 60 フィールド、露出時間は 1/1000 とした。1 ランニングサイクルを撮影するため、7m の区間を撮影範囲とした。撮影した VTR 画像から、約 350m、550m 地点の 2 つの地点における 1 サイクルの走動作について、身体分析点 23 点と校正マーク 2 点をデジタイズし、実座標換算、および平滑化を行った。

3. 結果および考察

3.1 ペース分析

図 1 は小林、太田選手のスピードの変化を、表 2 は両選手の通過タイム、区間タイムおよびスピードについて示したものである。

このレースは、小林選手に 2.04.00 の日本高校記録更新の期待がかかったレースであった。スタートから小林選手が積極的に飛び出し、その後方に太田選手が付ける展開となった。400m は、小林、太田選手それぞれ 60.7 と 60.9 の好タイムで通過した。その後、太田選手が徐々に遅れ始め、600m では 1.32.4 と 1.33.2 で小林選手が 0.8 秒速く、フィニッシュでは小林選手が約 3.7 秒速かった。フィニッシュタイムは小林選手が 2.05.90、太田選手が 2.08.59 で、日本高校記録の更新はならなかったが、両選手とも自己記録に近い記録であった。

スピードは両選手ともスタートから 120m までの区間が最も速く、その後フィニッシュまで漸減する傾向を示した。中距離走 (800 m 走) において好記録を出すためには、序盤に大きなスピードを獲得し、その後スピードを効果的に維持するペース配分が合理的とされている (有吉ら, 1974 ; 榎本ら, 2005)。このことから、千葉 IH 女子 800m 決勝レースでの小林、太田選手のレースパターンは、好記録を出すためには理想的なパターンであったと考えられる。

両選手とも 400m 以降のスピードが大きく減少し、後半の 400m のタイム (フィニッシュタイム - 400m 通過タイム) は、小林、太田選手それぞれ 65.2 と 67.7 であった。したがって、両選手はスタートから 400m 付近までは同じスピードでレースを進めていたが、後半の 400m においては、小林選手の方が太田選手よりもスピードを維持していた。このことから、小林選手は優れたスピード維持能力を有していると考えられる。

小林選手のレースパターンは、好記録を狙うには理想的であるため、改善すべき点を特定することは困難であるが、先行研究 (有吉ら, 1974 ; 榎本ら, 2005) からすると、前半の 400m の中でも特に序盤のスタート ~ 200m でのスピードを増大させることと、後半の 400m においてできるだけ高いスピードを維持することが有効であると考えられる。一方、

表 2 通過タイム、区間タイムおよびスピード

		0m	120m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
小林祐梨子 須磨学園2年 (兵庫)	通過タイム		18.1	30.1	45.4	60.7	1.16.2	1.32.4	1.48.9	2.05.90
	区間タイム(秒)	18.1	12.0	15.3	15.3	15.6	16.1	16.5	17.1	
	スピード(m/秒)	6.6	6.6	6.5	6.5	6.4	6.2	6.1	5.9	
太田暁音 村上桜ヶ丘2年 (新潟)	通過タイム		18.1	30.2	45.6	60.9	1.16.6	1.33.2	1.50.4	2.08.59
	区間タイム(秒)	18.1	12.1	15.4	15.3	15.8	16.5	17.3	18.2	
	スピード(m/秒)	6.6	6.5	6.5	6.5	6.3	6.0	5.8	5.5	

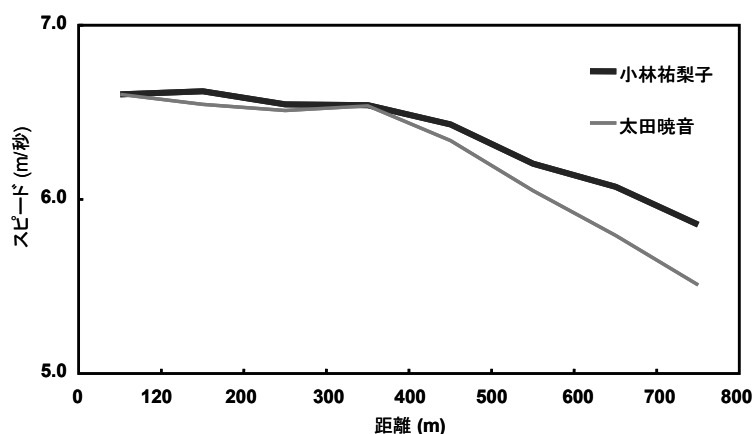


図 1 スピードの変化

太田選手にとっては、後半の400mにおいてスピードの低下を抑えることが課題となるであろう。両選手には、2006年度のレースで日本高校記録の更新を是非期待したい。

2. 動作分析

ここでは、小林、太田選手がほぼ同じスピードで疾走していた350m地点と、スピードが大きく低下し始めた550m地点の2つの地点間における走動作の変化についてみてい

く。

表3は350mおよび550m地点における両選手の走速度、ストライド、およびピッチとそれらの構成要素を、表4は両選手の重心の運動に関する項目を、図2は両選手の疾走フォームを連続写真で示したものである。

3.2.1 小林選手の走動作について

まず小林選手についてみてみる。走速度の変化率は-3.63%で、550m地点では減少していた。ここでいう変化率とは、350m地点での値を100%とし、550m地点の値の350m地点の値に対する割合との差である。ストライドの変化率は-3.64%で、550m地点では減少していた。ピッチは両地点において変わらなかった。したがって、走速度の減少はピッチではなく、ストライドの減少によるものと考えられる。ストライドとピッチについてさらに詳細に検討する。まず支持期における変化率についてみてみると、支持期距離は-15.08%、前半距離は-27.77%、後半距離は-10.16%で、550m地点では支持期全体および前後半において減少していた。特に

支持期前半距離の減少が大きかった。支持期時間は-11.11%、前半時間は-14.19%、後半時間は-9.09%で、距離の変化と同様の傾向を示した。このように、支持期前半の距離や時間が減少すれば、接地後のブレーキを少なくできると考えられる。そこで、小林選手のブレーキ量の変化率(表4)についてみてみると、絶対量では-23.73%、接地時の重心水平速度に対する相対量では-21.45%であり、やはり550m地点ではブレーキ量が減少していた。支持期の重心の動きについてみてみると(表4)、H1(支持期重心最小値-接地時重心高)の変化率は-28.34%、H2(離地時重心高-支持期重心最小値)の変化率は-9.92%であった。つまり、小林選手は550m地点では支持期での重心の低下および上昇が小さく、すなわち支持期の重心の上下動が減少していた。

次に非支持期の変化率についてみてみると、非支持期距離は7.53%、時間は11.77%で、550m地点ではともに増加しており、支持期の変化とは逆の傾向を示した。重心の動きについてみてみると、H3(非支持期重心最大値-離地時重心高)の変化率は86.88%、H4(接地時重心高-非支持期重心最大値)の変化率は12.14%であった。つまり、小林選手は550m地点では非支持期の重心の上昇および低下が大きく、すなわち非支持期の重心の上下動が増大していた。これは、支持期の重心の変化とは逆の傾向であった。

榎本(2004)は、長距離走において疲労が生じると、支持期における身体重心の上下動が増大し、支持期前半時間の増大、ステップ頻度(本報告におけるピッチ)の減少を生じると述べている。また榎本ら(2001)は、2001年に女子800mで西村美樹選手

表3 走速度、ストライドおよびピッチとそれらの構成要素

		小林		太田		変化率(%)	
		350m	550m	350m	550m	小林	太田
走速度	(m/s)	6.66	6.42	6.77	6.25	-3.63	-7.68
ストライド	(m)	1.94	1.87	1.98	1.82	-3.64	-7.68
ストライド/身長		1.199	1.155	1.183	1.092		
支持期距離	(m)	0.959	0.814	0.980	0.999	-15.08	1.94
支持期前半距離	(m)	0.268	0.193	0.328	0.335	-27.77	2.18
支持期後半距離	(m)	0.691	0.621	0.652	0.663	-10.16	1.83
非支持期距離	(m)	0.983	1.057	0.995	0.825	7.53	-17.15
ピッチ	(歩/s)	3.43	3.43	3.43	3.43	0.00	0.00
支持時間	(s)	0.150	0.133	0.150	0.167	-11.11	11.11
支持期前半時間	(s)	0.058	0.050	0.067	0.067	-14.29	0.00
支持期後半時間	(s)	0.092	0.083	0.083	0.100	-9.09	20.00
非支持期時間	(s)	0.142	0.158	0.142	0.125	11.77	-11.77

* これらの値は、すべて2歩の平均値。

が2' 02" 23の当時の日本記録を樹立したレースにおいて、西村選手の1周目(170m地点)と2周目(570m地点)の走動作の比較を行っている。そこでは重心の上下動やブレーキについては触れられていないが、2周目では1周目に比べて、支持期距離と非支持期距離ともに小さくなっており、支持時間は変わらないが非支持時間は小さくなっている。中距離走におけるスピード低下の要因の一つに、非支持期距離の低下によるストライドの低下(榎本ら, 1988)が挙げられる。したがって、小林選手は榎本らの長距離走者の疲労に関する報告とは異なる傾向を示し、日本記録樹立者と比較しても非支持期距離については逆の傾向を示し、中距離走のスピード低下においてみられる特徴を示さなかった。したがって、小林選手は550m地点ではそれほど大きく疲労していなかったか、あるいは疲労によるスピード低下に抗するような走り方を行っていた可能性が考えられる。800m走において好記録を生み出すためには、スタートから高いスピードを発揮すること、2周目バックストレートにおいてスピードを増大あるいは維持すること、および大きなストライドの維持が重要とされている(榎本ら, 2005)。中距離走におけるストライドには、主に非支持期距離が大きく影響しているため、重要とされる2周目バックストレート(550m付近)においては、小林選手のような支持期が距離的にも時間的にも短く、支持期の重心の上下動およびブレーキが小さい走りは、非支持期を距離的にも時間的にも長くし、ストライドを大

きくするあるいは維持するためには効果的であると考えられる。疲労によりスピードが低下する局面において、小林選手のような走りをするのは容易ではないが、800m走のパフォーマンス向上にとっては重要な課題であり、目標とすべきひとつのモデルとなると考えられる。

3.2.2 太田選手の走動作について

次に太田選手についてみてみる。走速度の変化率は-7.68%で、550m地点では小林選手より減少が大きかった。これはペース分析からも明らかである(図1)。ストライドの変化率は-7.68%で、走速度同様、550m地点では小林選手より減少が大きかった。ピッチは、小林選手と同様に変化がなかった。したがって、太田選手も、走速度の減少はピッチではなく、ストライドの減少によるものであると考えられる。ストライドとピッチに関してさらに詳細に検討する。

まず支持期における変化率についてみてみると、支持期距離は1.94%、前半距離は2.18%、後半距離は1.38%で、550m地点では支持期全体および前半において増加しており、小林選手と逆の傾向を示した。支持期時間は11.11%、前半時間は0%、後半時間は20.00%で、550m地点では支持期後半時間の増加により支持時間全体が増加した。これは小林選手とは逆の傾向にあった。支持期の重心の動きについてみてみると(表4)、H1の変化率は49.04%、H2の変化率は55.64%であった。つまり、太田選手は

表4 身体重心の運動に関する項目

		小林		太田		変化率(%)	
		350m	550m	350m	550m	小林	太田
上下動	(cm)	7.59	7.98	5.51	7.66	5.09	39.07
H1	(cm)	-2.49	-1.79	-1.83	-2.72	-28.34	49.04
H2	(cm)	6.41	5.78	4.28	6.66	-9.92	55.64
H3	(cm)	1.18	2.20	1.23	1.00	86.88	-18.50
H4	(cm)	-4.82	-5.40	-4.38	-4.55	12.14	3.97
接地時水平走速度	(m/s)	6.46	6.27	6.65	6.13	-2.90	-7.90
接地時鉛直走速度	(m/s)	-0.80	-0.72	-0.58	-0.68	-10.00	17.00
接地時角度 ^{*1}	(度)	7.09	6.58	5.02	6.36	-7.24	26.83
離地時水平走速度	(m/s)	6.65	6.39	6.73	6.19	-3.93	-7.94
離地時鉛直走速度	(m/s)	0.51	0.78	0.55	0.55	53.12	1.01
離地時角度 ^{*2}	(度)	4.40	6.98	4.65	5.10	58.91	9.67
絶対ブレーキ量 ^{*3}	(m/s)	0.383	0.292	0.321	0.403	-23.73	25.25
相対ブレーキ量 ^{*4}		0.059	0.047	0.048	0.066	-21.45	35.99

* これらの値は、すべて2歩の平均値。

*1 接地時の速度ベクトルと水平線とのなす角度。

*2 離地時の速度ベクトルと水平線とのなす角度。

*3 接地時の重心水平速度-支持期重心水平速度の最小値

*4 離地時の重心水平速度-支持期重心水平速度の最小値

小林祐梨子

350m



550m



太田暁音

350m



550m



図2 350m 地点および 550m 地点の小林, 太田選手の疾走フォーム

550m 地点では支持期での重心の低下および上昇が大きく、すなわち支持期の重心の上下動が増大していた。これは小林選手とは逆の傾向にあった。このように、支持期の変化については、小林選手とは逆の傾向を示し、これは長距離走で疲労した局面において一般的にみられる傾向と一致している(榎本, 2004)。

次に非支持期の変化率についてみると、非支持期距離は -17.15% 、時間は -11.77% で、550m 地点ではともに減少しており、支持期の変化とは逆の傾向を示し、また小林選手とは逆の傾向を示した。重心の動きについてみると、H3 の変化率は -18.50% 、H4 の変化率は 3.97% であり、550m 地点では非支持期の重心の上昇は小さく、低下が大きくなっていた。これは小林選手とは異なる傾向を示した。ブレーキ量の変化率(表4)についてみると、絶対量は 25.25% 、相対量は 35.99% で、550m 地点ではブレーキ量が増加しており、これも小林選手とは逆の傾向であった。

非支持期では、重心は放物運動するため、H4 の増大はH1 の増大に、さらには支持期の上下動に影響を与えると考えられる。太田選手は、550m 地点ではH4 が増大し、接地時の鉛直速度も変化率 17.00% 、接地時角度の変化率も 26.83% で増大して

いた(表4)。そしてH1, H2 つまり支持期の上下動が増大していた。支持期の上下動は主に膝関節の屈曲伸展動作によって生み出されるため、そのような動作が大きくなると、ブレーキの増大を引き起こす要因となると考えられる。連続写真をみてみると、太田選手は550m 地点では350m 地点に比べて、接地後の膝関節の屈曲が大きくなっている様子がみとれる。この膝関節屈曲の増大が、支持期の上下動やブレーキの増大、支持期の距離的、時間的増加、さらには非支持期の距離的、時間的減少につながった可能性が考えられる。その結果、小林選手よりもストライドの減少が大きくなり、走速度が低下してしまっただと考えられる。

参考文献

- 有吉正博, 村木征人, 小林渡岐磨(1974) 中距離走のペースに関する実験的研究—第二報—。東海大学紀要体育学部4, 95-105.
- 榎本靖士, 阿江通良, 森丘保典, 杉田正明, 松尾彰文(2005) 世界と日本の一流男子800m選手のレースパターンの比較。陸上競技研究紀要1, 16-22.
- 榎本靖士, 阿江通良, 法元康二, 横澤俊治, 中田和寿, 羽田雄一, 村木有也(2002) 女子一流中距離

走者のバイオメカニクス的分析. 日本陸連科学委員会研究報告 1, 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT. pp. 35-42.

榎本靖士 (2004) 長距離走動作のバイオメカニクスの評価法に関する研究. 筑波大学博士論文.

淵本隆文, 木下健一, 金子公宥 (1988) 第9回日本バイオメカニクス学会大会論集'88. pp. 215-220.