

男子一流短距離選手のキック動作の特徴

福田厚治¹⁾ 伊藤 章¹⁾ 貴嶋孝太¹⁾ 川端浩一¹⁾ 末松大喜²⁾ 大宮真一²⁾ 堀 尚¹⁾
山田 彩¹⁾ 村木有也¹⁾ 淵本隆文¹⁾ 田邊 智³⁾
1) 大阪体育大学 2) 筑波大学大学院 3) 大阪産業大学

I. はじめに

スポーツにおいて、世界記録の更新はいつの時代も人々を興奮させるものである。近年、アサファ・パウエル選手（ジャマイカ）は2005年に男子100mの世界記録を9.77秒に更新すると、その後2度も同タイムを記録し、これまで9秒台を記録すること実に20回以上、そして現在は9.74秒まで世界記録を更新しており、まさに世界のトップスプリンターと呼ぶにふさわしい。そのようなハイレベルのスプリンターが一堂に会して世界一を決定する大会は、オリンピックか世界選手権において他にはない。この度、国内で2度目の開催となる世界選手権（第11回大会）が2007年8月に大阪で行われた。残念ながら今回は世界記録のアナウンスを聞くことはできなかったが、男子100m決勝では、タイソン・ゲイ選手（アメリカ）の後半の素晴らしいパフォーマンスを目の当たりにすることができた。また、前述したパウエル選手は本大会では3位だったが、その大会の1週間後には世界記録更新を果たしている。

本研究では、今回の世界陸上競技選手権大会の男子100mの優勝者であるゲイ選手と3位のパウエル選手、および日本代表選手の朝原宣治選手と塚原直貴選手の各レースにおける疾走動作を分析し、これまで報告されているデータとの比較をもとに、動作の特徴を探ろうとした。

II. 方法

1. 第11回世界陸上競技選手権大会（2007, 大阪）における測定

観客席最上段に設置した2台のハイスピードビデオカメラで中間疾走（スタートラインから60m地点付近）を撮影した。分析対象選手は以下の4名（以後「今回の選手」とする）である（表1）。撮影した映像をもとに、身体各部23点をデジタル化しDLT法によって3次元動作解析を行った（100Hz）。

- 1) 男子100m決勝のタイソン・ゲイ選手（優勝；9.85秒）とアサファ・パウエル選手（第3位；9.96秒）
- 2) 男子100m1次予選の朝原宣治選手（10.14秒）と塚原直貴選手（10.20秒）

2. 引用した比較データ

これまで報告されている第3回世界陸上競技選手権大会（1991, 東京）や、国内で行われたいくつかの大会（国際グランプリ大阪大会、スーパー陸上、日本選手権、地区大学大会なども含む）に関する世界一流選手を含む外国人選手20名、日本代表レベルの選手8名、大学男子選手26名の計54名のデータ（伊藤ら；1994に更にデータを加えた未発表資料）と今回分析したデータを用いて各測定項目の平均的傾向と今回の選手の特徴を調べた。

表1. 分析対象者の身体的特徴と記録

	国籍	身長 (m)	体重 (kg)	ベスト記録 (sec)	レース記録 (sec)	分析レース	備考
T.ゲイ	USA	1.83	73.0	9.84	9.85	決勝	本大会1位
A.パウエル	JAM	1.90	88.0	9.74	9.96	決勝	世界記録保持者、本大会3位
朝原宣治	JPN	1.79	75.0	10.02	10.14	1次予選	'07日本選手権2位
塚原直貴	JPN	1.80	75.0	10.23	10.20	1次予選	'07日本選手権1位

3. 動作分析の項目

1) 疾走速度, ストライド, ピッチ

疾走速度は身体重心の水平速度, ストライドは接地脚の爪先から次の接地脚の爪先までの水平前後距離とし, それぞれ1サイクル (連続する2歩) の平均値を求めた. ピッチは疾走速度をストライドで除して算出した.

2) キック脚の動作

①接地距離・離地距離

接地および離地の瞬間の爪先と身体重心との水平距離の左右平均値から求め, それぞれについて, 身長との相対値 (身長比) についても算出した (図1).

②下肢の最大角速度

キック脚の股関節, 膝関節および足関節 (足底屈) の最大伸展速度を左右脚の平均値から求めた.

III. 結果と考察

図2に世界および日本の一流選手の疾走動作のスティックピクチャーを示した.

1. 疾走速度, ストライド, ピッチ

①疾走速度

分析地点 (60m付近) での疾走速度は, ゲイ選手は11.85m/sでパウエル選手が11.88m/sでありほとんど違いがなかった. 日本選手では, 朝原選手が11.56m/s, 塚原選手が11.30m/sであり, 世界一流選手に比べ低かった. これらの選手について, 貴嶋 (2008) はスタートダッシュ (スタートから6歩目まで) について分析しているが, 3歩目を除くすべての歩数においてパウエル選手がゲイ選手をわずかに上回っていたと報告している. しかし, 最も早くゴールに到達したのはゲイ選手であった. このこと

は, ゲイ選手はこの地点ではまだ最高疾走速度に到達していなかったか, あるいはパウエル選手がレース終盤に大きく失速した可能性を示唆している.

②ストライドとピッチ

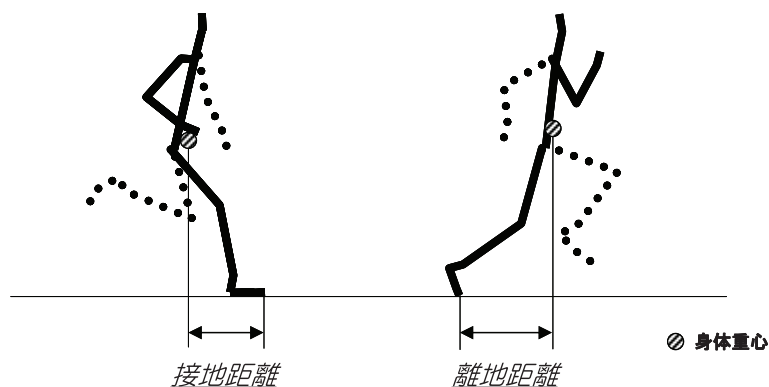
図3に示すように, 平均的な傾向ではストライドは疾走速度が高い選手ほど大きくなる傾向がある ($r = 0.845, p < 0.001$). 今回の選手では塚原選手のストライドが2.23mと非常に小さく, 他の3選手は2.40mから2.42mとほぼ同じであったが, 身長比でみると朝原選手が最も大きく, パウエル選手は塚原選手と同じ程度の小さい値を示した (表2).

平均的な傾向では, ピッチも疾走速度との間に有意な正の相関関係が認められている ($r = 0.296, p < 0.05$; 図2). 今回の選手では塚原選手が最も高いピッチを示してのストライドは全体の傾向からみてその疾走速度に対してやや小さい値であったことから, ピッチが優先する走りであったといえる. 一方, 朝原選手のストライドがゲイおよびパウエル選手とほぼ同じであったにもかかわらず疾走速度が低かったのは, ピッチが低かったことに起因しており, 朝原選手の走りはストライドを優先しているといえる. 塚原選手に関しては, 疾走速度に対してストライドが2.23mと非常に小さいが, ピッチは5歩/秒を越える高い値を示しており, ピッチに依存した走りであるといえる.

2. キック脚の動作

1) 接地距離・離地距離

接地距離は今回の選手間に大きな違いはみられなかった (0.29-0.33m). 身長に対する相対値 (身長比) でみるとパウエル選手を除く3選手は18%前後の値であったが, 最も身長が高かったパウエル選手 (1.90m) は15.39%と小さかった (表3). 離地距離は朝原選手が0.58mで最も大きかったが, 他の



※接地の瞬間および離地の直前の身体重心と爪先間の水平距離

図1. 接地距離および離地距離の定義

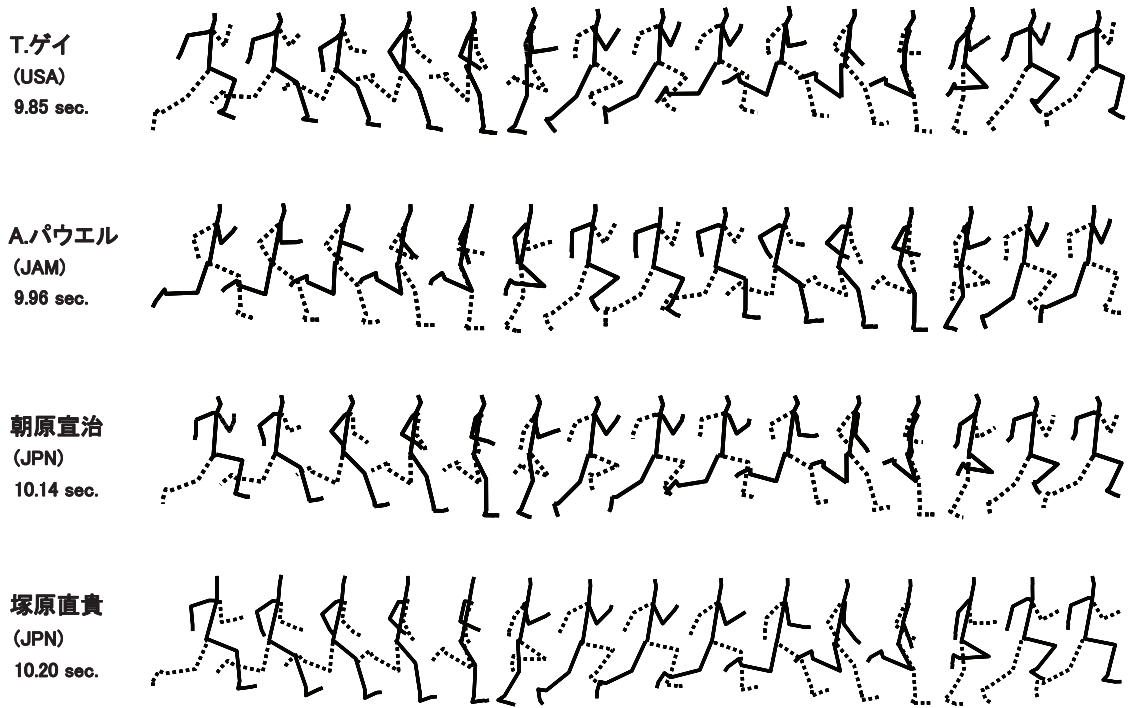


図2. 世界および日本一流選手の疾走動作のスティックピクチャー

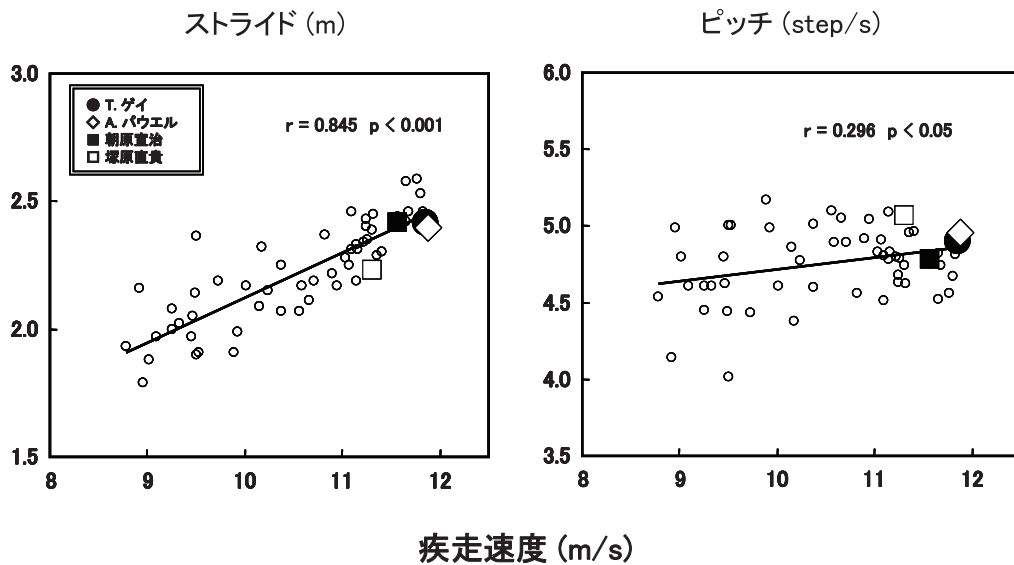


図3. 疾走速度とストライドおよびピッチの関係

3選手も0.55m前後であった。身長比でも朝原選手が32.50%と最も大きく、他の選手は約29%程度であった。福田と伊藤（2004）は大学の一般選手を中心に同様の測定をしているが、身長比による接地距離は18から24%、離地距離は28から34%であり、今回の選手とは大きな違いは見られなかった。

2) 下肢関節最大角速度

最高速度に達した中間疾走では、キック期の身体重心の前進速度は、キック期前半に減速し、続く後半に同じ速度で加速することを繰り返している（福田と伊藤，2004）。以下で、その観点も含めて下肢

関節動作を観察する。

①股関節

平均的な傾向では最大伸展速度は疾走速度と有意

表2. 疾走速度，ストライド，ピッチ，ストライドの身長比

	疾走速度 (m/s)	ストライド ^o (m/step)	ピッチ (step/s)	ストライド 身長比
T.ゲイ	11.85	2.42	4.90	1.32
A.パウエル	11.88	2.40	4.96	1.26
朝原宣治	11.56	2.42	4.78	1.35
塚原直貴	11.30	2.23	5.06	1.24

表3. 接地距離と離地距離

	接地距離 (m)	接地距離身長比 (%)	離地距離 (m)	離地距離身長比 (%)
T.ゲイ	0.36	19.89	0.50	27.31
A.パウエル	0.29	15.39	0.55	29.20
朝原宣治	0.31	17.20	0.58	32.50
塚原直貴	0.33	18.40	0.54	29.93

表4. キック脚の関節最大伸展速度

	股関節伸展速度 (deg/s)	膝関節伸展速度 (deg/s)	足関節伸展速度 (deg/s)
T.ゲイ	774.52	-47.21	664.04
A.パウエル	693.50	-68.14	743.70
朝原宣治	662.32	-24.20	739.40
塚原直貴	674.12	33.92	831.12

※マイナスは屈曲速度

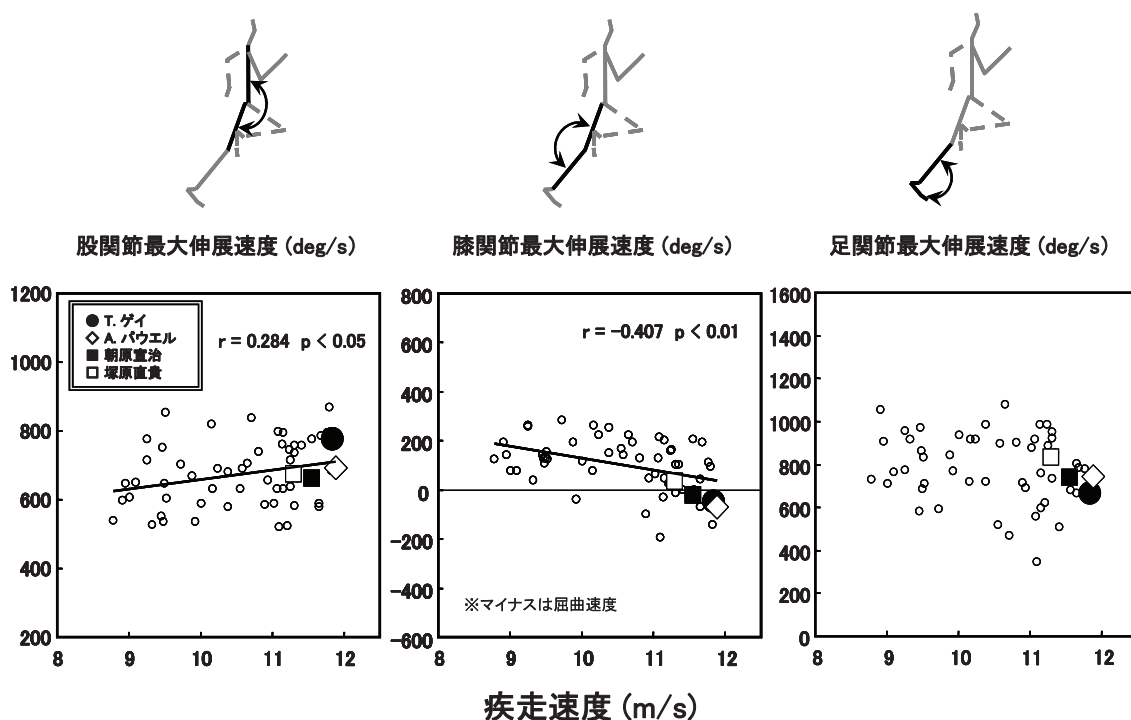


図4. キック期における疾走速度と下肢関節最大伸展速度の関係

な正の相関関係が認められた ($r = 0.284$, $p < 0.05$; 図4). 今回の選手では平均的な傾向どおり, ゲイ選手とパウエル選手のほうが日本選手に比べてやや高かった (表4).

②膝関節

キック期の膝関節角速度は, 一般的にはキック期前半 (減速局面) に屈曲の値を示し, それに続くキック期後半 (加速局面) には伸展の値に切り替わる (図5; 未発表資料の学生選手例). そして, 平均的な傾向では図4に示すように, 膝関節伸

展速度は疾走速度と有意な負の相関関係にある ($r = -0.407$, $p < 0.01$).

今回の選手についてキック期の膝関節速度の変化パターンを観察したところ, 塚原選手が上記の一般的なパターンに最も近かった. 朝原選手はキック中屈曲し続けるが, その屈曲速度はキック期の中間で一旦低下 (ほぼゼロとなる) した後, 加速局面で再び屈曲しながら離地していた. ゲイ選手とパウエル選手は良く似たパターンを示した. すなわち, キック期では屈曲速度がほぼ一定かむしろ増加するパ

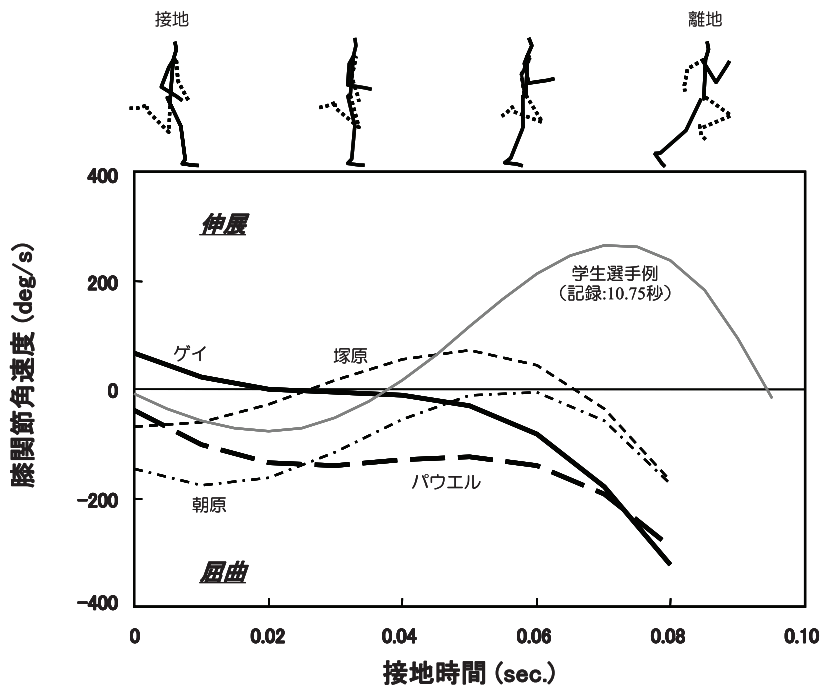


図5. キック期における膝関節の角速度変化（右脚）

ターンである。福田と杉田（2003）は、前世界記録保持者のモーリス・グリーン選手にも同様のパターンを確認している。これらの結果は、近年の一流選手はキック期後半に膝関節を伸展させないというより、むしろ屈曲させていくようなキック動作を行っていることを示している。伊藤（1998）はかつての朝原選手のキック動作を報告しているが、今回の塚原選手とほぼ同様のパターンであった。つまり、今回の朝原選手はより世界一流選手に近づいた動作パターンでキックしていたといえる。

（※ 図4における膝関節角速度については、キック期後半に伸展速度を發揮している場合はその最大値を用い、キック中常に屈曲速度を發揮している場合は、キック期全体を100%とした場合の接地から75%の時点の値を用いた）

③足関節

平均的な傾向では、最大伸展速度はばらつきが大きく、疾走速度と有意な相関関係は認められなかった（図4）。今回の選手では塚原選手の値が高かったが、足関節の伸展速度は疾走速度の違いには直接影響を与えるものではないことが確認された。

参考文献

伊藤 章・斉藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾一之（1994）世界一流スプリンターの技術分析。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編 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，pp31-49。

貴嶋孝太（2008）一流短距離選手のスタートダッシュの動作分析。大阪体育大学大学院修士論文。

福田厚治・伊藤 章（2004）最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速：接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか。体育学研究1：29-34。

伊藤 章（1998）岩本（旧姓北田）敏恵選手の記録向上に伴う疾走フォームの変化，および朝原宣治選手の疾走フォームの特徴。バイオメカニクス研究2：116-124。

福田厚治・杉田正明（2003）長崎インターハイ・バイオメカニクスレポート男子100m。日本陸連科学委員会バイオメカニクス班執筆 陸上競技マガジン11月号別冊付録 テクニカル・ダイジェスト 長崎インターハイから学ぶジュニアトップアスリートの技術。ベースボール・マガジン社：東京，28-31。