

〈論文〉

## 競技レベル別にみた短距離選手における 走速度の個人内変動に影響を及ぼす要因

綿谷 貴志\*

### Factors Affecting Intra-Individual Variations in Running Speed at Two Levels of Competition

Takashi WATAYA\*

#### 要旨

本研究では、短距離選手の走速度の個人内変動が生じる要因をバイオメカニクスの観点から明らかにすることを目的とした。対象者は、大学陸上競技部に所属する男子短距離選手12名で、上位群6名（100mの自己記録：10.48±0.14秒）と下位群6名（100mの自己記録：11.34±0.37秒）に分けた。試技は60m走を5本とし、走速度が最も大きかった試技をfast trial (FT)、最も小さかった試技をslow trial (ST)とし、群ごとにFTとSTの下肢動作に関する分析項目の平均値を統計的に比較した。その結果、上位群のFTではSTよりも下肢動作が合理的になっていたが、下位群では走速度向上の理由を下肢動作から説明することが困難であった。

#### Abstract

This study explores factors that contribute to intra-individual variability in running speed among sprinters from a biomechanical perspective. The participants were 12 male sprinters from a university track and field team, divided into six upper-group participants (personal best of 100m: 10.48 ± 0.14 s) and six lower-group participants (personal best of 100 m: 11.34 ± 0.37 s) participants. Each group ran five trials, or five 60-meter runs. The trials with the fastest and slowest running speeds were designated as fast trial (FT) and slow trial (ST), respectively, and the mean values of the analysis items related to lower limb movement of FT and ST were statistically compared for each group. Our analysis revealed that, for the upper group, lower limb movements were more efficient in the FT than in the ST. However, the reason for differences between FT and ST for the lower group could not be explained with respect to lower limb movements.

#### キーワード

短距離選手 (Sprinter) 走速度 (Running speed) 個人内変動 (Intra-individual variation)

---

\* 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科講師, Lecturer, Department of Information Media, Faculty of Information Media, HIU

## 1. はじめに

スポーツにおけるパフォーマンスは、技術、体力、戦術、心的能力、内外の条件（体質、素質、ストレスなど）によって構成され（グロッサー・ノイマイヤー 1995）、それらには多くの要因が影響するため、選手は目標とする試合に向けて競技パフォーマンスに関わる要因を強化・調整していくことが求められる。それらをすべて克服し、試合シーズン中に安定して競技成績を残すことは、全てのアスリートが直面する課題といえる。

短距離走の記録には、レース中に発揮される走速度の最大値が大きな影響を及ぼすとされている（松尾ほか 2007；土江ほか 2002）。また、伊藤ほか（1998）は、日本および世界一流の短距離選手を対象に走動作を分析し、中間疾走局面での走速度が大きい選手ほど、膝関節の伸展が小さいキック動作を行っていることを明らかにした。走速度には走動作が影響を及ぼすということから、短距離走におけるパフォーマンスが低下した際には、技術的要素である走動作に違いが生じることによって走速度が低下している可能性が考えられる。

過去の報告では、最大努力下における走速度の再現性は高いとされている（伊藤・村木 2000；杉林ほか 2003）。しかし、陸上競技の国際大会におけるパフォーマンス達成率（その試合での記録を自己最高記録で除した値）を調査した報告を見ると（岡野ほか 2001, 2005, 2008）、日本人選手は諸外国選手に比べパフォーマンス達成率が低かったことが、競技成績を残せなかった一要因であるとされている。特に、100分の1秒を争う100m走においては、日本人選手は自己記録に限りなく近い記録を出す必要があると述べている。つまり、短距離走のような最大努力下で行われる種目であっても、結果に影響を与える程度の走速度や走動作の変動が生じていることになり、大

きな走速度を発揮できる動作の再現性を高めることは、目標とした大会で成績を出す上で重要な要素と捉えることができる。そのため、先行研究で多く行われている個人間の比較によって得られた知見に加えて、個人内のパフォーマンスの良し悪しの要因を検討することも必要だと考えられる。個人間に着目した先行研究では、疾走中に発揮できる走速度によって走動作の傾向が異なることが報告されている（斉藤・伊藤 1995；福田ほか 2013）。これらから、走速度の個人内変動に関して検討した場合には、その要因が競技レベルによって異なることも考えられる。

以上のことから、本研究では短距離選手を対象とし、競技レベルの異なる2グループを設定し、実際の試合を想定した複数のスプリント走を行わせた。その際の試技間の走速度の違いに着目し、走速度の個人内変動が生じる要因をバイオメカニクスの観点から明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2-1 対象者

対象者は大学陸上競技部に所属する男子短距離選手12名とし、100mの自己記録をもとに上位群6名（身長： $1.75\pm 0.05$  m，体重： $66.4\pm 5.7$  kg，自己記録： $10.48\pm 0.14$  秒）と下位群6名（身長： $1.75\pm 0.05$  m，体重： $66.0\pm 5.6$  kg，自己記録： $11.34\pm 0.37$  秒）に分けた。実験に先立ち、対象者には研究の目的、方法、実験にともなう危険性、実験への参加は任意であることなどを十分に説明し、書面にて実験参加の同意を得た。

### 2-2 測定方法

本実験は室内の全天候型直線走路にて行った。計測には光学式3次元動作解析装置 VICON-MX system（赤外線カメラ20台、

Vicon Motion System 社製，サンプリング周波数 250Hz) を用いた。実験に先立ち，直径 14 mm の赤外線反射マーカーを身体各部位 38 点に貼付した。実験試技はスタンディングスタートからの 60m 走を 5 本とし，各試技はスパイクシューズを履き，100 m の試合を想定して行うように口頭にて指示をした。群ごとの走速度変化の要因を検討するため，対象者ごとに 5 本の試技から走速度が最も大きかった試技 (fast trial, 以降 FT) を良とし，小さかった試技 (slow trial, 以降 ST) を悪とし，群ごとに FT と ST それぞれの動作項目の平均値を比較した。計測区間をスタートから 40~50 m 区間に設定し，疾走中のマーカーの位置データを収集した。その後，VICON-MX system 内のソフトウェアを使用し，Plug in gait のプロトコル に準じて適切なデータの処理を行うことで，各関節中心の 3 次元座標値を算出した。得られた 3 次元座標値から進行方向と鉛直方向が成す面の 2 次元座標値を抽出し，Butterworth digital filter により遮断周波数 12 Hz で平滑化した。

### 2-3 走動作に関する分析項目

まず，身体を頭部，体幹，左右の上腕，前腕，手，大腿，下腿，足の 14 部分からなるリンクセグメントにモデル化し，平滑化した各関節中心の 2 次元座標値から身体の部分角度，関

節角度，部分および全身の重心を算出し，部分角度と関節角度の変位を数値微分することにより部分角速度と関節角速度を求めた。また，阿江 (1996) の身体部分慣性係数を用いて各部分の慣性モーメントを求めた。

図 1 は，本研究における分析対象の局面である。測定区間内における走動作 1 サイクルを分析対象とし，右脚が接地してから離地するまでを支持期，右脚が離地してから左脚が接地するまでを滞空期，右脚が離地してから再び右脚が接地するまでを回復期とした。支持期において，身体重心が支持脚の第二中足骨骨頭マーカーの真上を通過する時点を支持中間とし，接地から支持中間からまで支持前半，支持中間から離地までを支持後半とした。

#### 2-3-1 ストライド，ピッチ，走速度

ストライドは，1 サイクルでの身体重心の水平移動距離を 1 歩あたりに換算した値 (1 サイクルの身体重心の移動距離を 2 で除した値)，ピッチは 1 サイクルに要した時間の逆数を 1 歩あたりに換算したもの (1 サイクルに要した時間の逆数に 2 を乗じたもの) とした。走速度はストライドとピッチの積によって求めた。また，支持期および滞空期において，それぞれの身体重心の水平移動距離を支持距離と滞空距離とし，要した時間を支持時間と滞空時間とした。支持前半および後半において

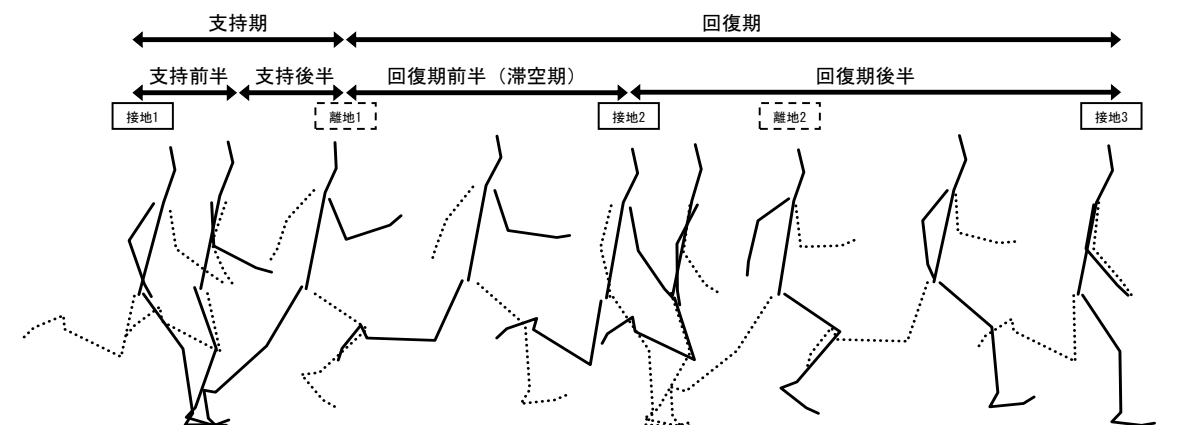


図 1 走の 1 サイクルと各局面の定義 ※綿谷 (2022) を一部改変

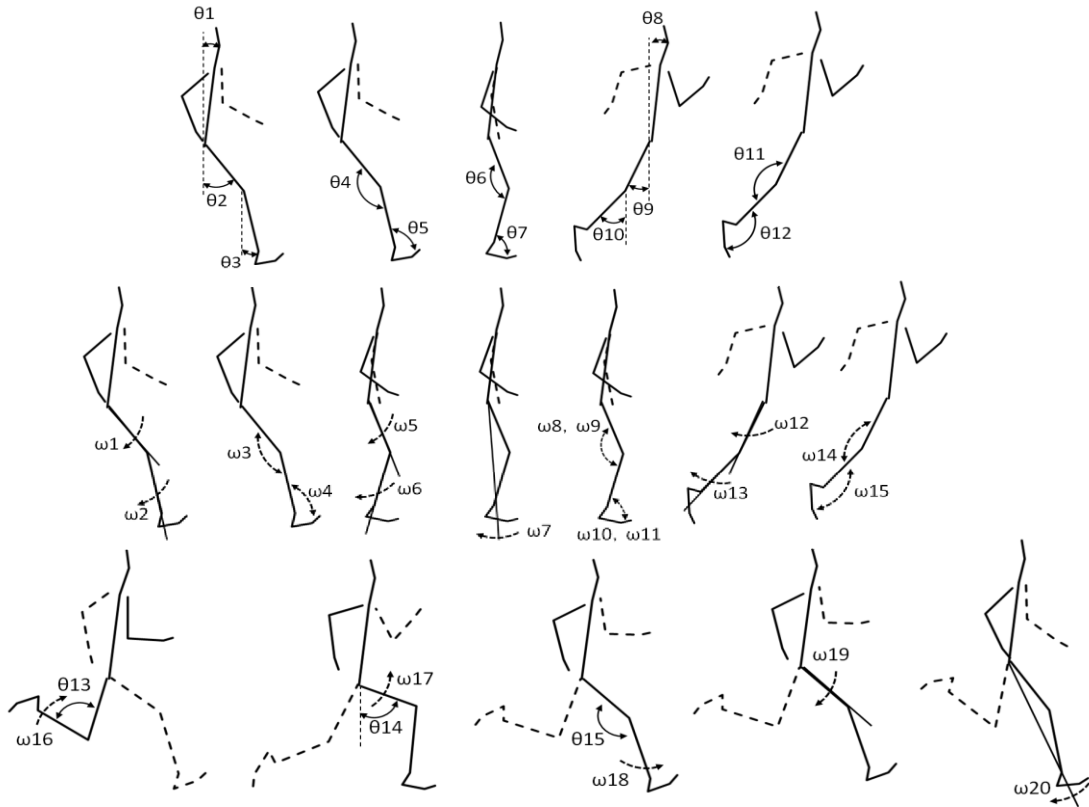


図2 動作項目の定義

も同様の値を求めた。

図2は、本研究で用いた角度の定義と、支持期および回復期の分析項目を示したものである。なお、各項目は先行研究を(綿谷, 2018)を参考にした。

### 2-3-2 支持期の走動作に関する項目

- 接地時の上体角度 ( $\theta 1$ )、大腿角度 ( $\theta 2$ )、下腿角度 ( $\theta 3$ )、膝関節角度 ( $\theta 4$ )、足関節角度 ( $\theta 5$ )、膝関節角度の最小値 ( $\theta 6$ )、足関節角度の最小値 ( $\theta 7$ )
- 離地時の上体角度 ( $\theta 8$ )、大腿角度 ( $\theta 9$ )、下腿角度 ( $\theta 10$ )、離地時の膝関節角度 ( $\theta 11$ )、足関節角度 ( $\theta 12$ )
- 接地時の大腿角速度 ( $\omega 1$ )、下腿角速度 ( $\omega 2$ )、膝関節角速度 ( $\omega 3$ )、足関節角速度 ( $\omega 4$ )
- 大腿角速度の最大値 ( $\omega 5$ )、下腿角速度の最大値 ( $\omega 6$ )、支持中の脚全体スイング速度の最大値 ( $\omega 7$ )、膝関節屈曲角速度の最大値

( $\omega 8$ )、膝関節伸展角速度の最大値 ( $\omega 9$ )、足関節屈曲角速度の最大値 ( $\omega 10$ )、足関節伸展角速度 ( $\omega 11$ ) の最大値

- 離地時の大腿角速度 ( $\omega 12$ )、下腿角速度 ( $\omega 13$ )、離地時の膝関節角速度 ( $\omega 14$ )、足関節角速度 ( $\omega 15$ )

さらに、支持前半および後半における大腿および下腿の角度変位量も求め、それらを支持前半および後半に要した時間で除すことによって、それぞれの平均角速度を求めた。

### 2-3-3 回復期の動作に関する項目

- 引き付け角度 ( $\theta 13$ )、引き付け角速度 ( $\omega 16$ ) : 回復期における膝関節角度の最小値と、膝関節屈曲角速度の最大値
- もも上げ角度 ( $\theta 14$ )、もも上げ角速度 ( $\omega 17$ ) : 回復期における大腿角度の最大値と、前方への大腿角速度の最大値

- ・振り出し角度 ( $\theta 15$ ), 振り出し角速度 ( $\omega 18$ ): 回復期における膝関節角度の最大値と、膝関節伸展角速度の最大値
- ・振り下ろし角速度 ( $\omega 19$ ): 回復期における後方への大腿角速度の最大値
- ・振り戻し角速度 ( $\omega 20$ ): 回復期における後方への脚全体スイング速度の最大値

## 2-4 分析および統計処理

すべての統計処理は Microsoft Excel 2019 (Microsoft 社製) を用いて行った。FT と ST との平均値の比較には、対応のある t 検定を使用し、本研究における有意水準は 5%とした。

## 3. 結果

### 3-1 走速度, ストライド, ピッチ

表 1 は、両群の FT と ST それぞれのストライド, ピッチ, 走速度に関する項目を比較したものである。走速度について、上位群と下位群ともに走速度は FT の方が有意に大きかった ( $p<0.01$ )。また、上位群のみで FT の方のピッチが有意に大きく ( $p<0.01$ )、支持時間が有意に短かった ( $p<0.01$ )。さらに、支持後半時間と滞空時間も有意に短かった ( $p<0.05, p<0.05$ )。

### 3-2 支持期の走動作

表 2 は、支持期における部分角度および関節角度に関する項目を比較したものである。上位群において、接地時の上体角度は FT の方が有意に大きかった ( $p<0.05$ )。さらに、離地時の下腿角度は FT の方が有意に大きかった ( $p<0.05$ )。また、上位群では離地時の膝関節角度が FT で有意に小さくなっていた ( $p<0.05$ )。一方、下位群では FT と ST との間において、すべての項目で有意な差はみられなかった。

表 3 は、支持期における部分角速度および関節角速度に関する項目を比較したものである。上位群において、接地時の大腿角速度は FT の方が有意に大きかった ( $p<0.01$ )。また、支持期の下腿角速度最大値と脚全体スイング速度最大値は FT の方が有意に大きく ( $p<0.05, p<0.01$ )、支持後半の下腿平均角速度も FT の方が有意に大きかった。下位群では、支持期の足関節底屈節角速度の最大値が FT の方が有意に大きく ( $p<0.05$ )、支持期の膝関節底屈角速度の最大値は FT の方が有意に大きかった ( $p<0.05$ )。

表 1 走速度, ストライド, ピッチに関する動作項目

動作項目		上位群			下位群		
		FT	ST	有意差	FT	ST	有意差
走速度	(m/s)	10.19 ± 0.24	9.66 ± 0.27	**	9.80 ± 0.12	9.64 ± 0.19	*
ストライド	(m)	2.20 ± 0.11	2.23 ± 0.09	n. s.	2.18 ± 0.11	2.17 ± 0.12	n. s.
支持距離	(m)	0.95 ± 0.05	0.96 ± 0.04	n. s.	0.96 ± 0.06	0.96 ± 0.05	n. s.
支持前半距離	(m)	0.32 ± 0.04	0.33 ± 0.02	n. s.	0.35 ± 0.03	0.34 ± 0.03	n. s.
支持後半距離	(m)	0.63 ± 0.01	0.63 ± 0.03	n. s.	0.61 ± 0.05	0.61 ± 0.04	n. s.
滞空距離	(m)	1.24 ± 0.11	1.29 ± 0.04	n. s.	1.30 ± 0.07	1.25 ± 0.08	n. s.
ピッチ	(Hz)	4.65 ± 0.26	4.33 ± 0.19	**	4.51 ± 0.23	4.46 ± 0.29	n. s.
支持時間	(sec)	0.094 ± 0.005	0.100 ± 0.003	**	0.099 ± 0.006	0.101 ± 0.006	n. s.
支持前半時間	(sec)	0.032 ± 0.003	0.035 ± 0.002	n. s.	0.036 ± 0.003	0.036 ± 0.004	n. s.
支持後半時間	(sec)	0.062 ± 0.001	0.066 ± 0.003	*	0.062 ± 0.005	0.064 ± 0.004	n. s.
滞空時間	(sec)	0.121 ± 0.011	0.133 ± 0.006	*	0.131 ± 0.009	0.129 ± 0.011	n. s.

\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$

表2 支持期における下肢の角度に関する動作項目

動作項目	上位群			下位群		
	FT	ST	有意差	FT	ST	有意差
接地時 上体角度 ( $\theta 1$ ) (deg)	13.3 ± 2.3	11.5 ± 1.7	*	7.9 ± 4.6	9.3 ± 4.6	n. s.
大腿角度 ( $\theta 2$ ) (deg)	27.6 ± 3.0	26.6 ± 2.4	n. s.	26.7 ± 3.3	26.2 ± 3.2	n. s.
下腿角度 ( $\theta 3$ ) (deg)	3.7 ± 2.8	5.3 ± 3.6	n. s.	4.3 ± 2.6	4.9 ± 2.9	n. s.
膝関節角度 ( $\theta 4$ ) (deg)	156.1 ± 3.7	158.7 ± 5.1	n. s.	157.6 ± 4.8	158.7 ± 3.6	n. s.
足関節角度 ( $\theta 5$ ) (deg)	98.2 ± 4.7	100.0 ± 4.7	n. s.	96.5 ± 7.1	96.8 ± 7.0	n. s.
膝関節角度の最小値 ( $\theta 6$ ) (deg)	139.3 ± 5.5	141.2 ± 6.0	n. s.	142.0 ± 5.7	141.5 ± 5.6	n. s.
足関節角度の最小値 ( $\theta 7$ ) (deg)	70.8 ± 4.1	70.0 ± 3.9	n. s.	70.5 ± 5.3	70.5 ± 5.8	n. s.
離地時 上体角度 ( $\theta 8$ ) (deg)	8.2 ± 2.5	7.3 ± 3.2	n. s.	2.7 ± 3.7	4.6 ± 2.7	n. s.
大腿角度 ( $\theta 9$ ) (deg)	-33.5 ± 3.1	-35.2 ± 3.5	n. s.	-37.1 ± 5.1	-37.1 ± 4.3	n. s.
下腿角度 ( $\theta 10$ ) (deg)	-51.6 ± 3.5	-49.7 ± 4.3	*	-48.6 ± 3.0	-49.1 ± 3.2	n. s.
膝関節角度 ( $\theta 11$ ) (deg)	162.0 ± 6.1	165.6 ± 6.6	*	168.5 ± 6.0	168.1 ± 6.3	n. s.
足関節角度 ( $\theta 12$ ) (deg)	120.4 ± 4.5	121.1 ± 3.3	n. s.	119.9 ± 3.8	119.5 ± 5.0	n. s.
支持前半の大腿角変位 (deg)	15.0 ± 1.7	15.1 ± 1.2	n. s.	16.5 ± 1.6	15.4 ± 1.5	n. s.
支持前半の下腿角変位 (deg)	29.2 ± 3.4	30.4 ± 1.6	n. s.	31.1 ± 3.9	31.5 ± 3.9	n. s.
支持後半の大腿角変位 (deg)	46.2 ± 2.1	46.7 ± 1.8	n. s.	47.3 ± 3.6	47.9 ± 3.3	n. s.
支持後半の下腿角変位 (deg)	26.1 ± 2.4	24.6 ± 2.6	n. s.	21.8 ± 2.5	22.5 ± 3.2	n. s.

\* p&lt;0.05, \*\* p&lt;0.01

表3 支持期における下肢の角速度に関する動作項目

動作項目	上位群			下位群		
	FT	ST	有意差	FT	ST	有意差
接地時 大腿角速度 ( $\omega 1$ ) (deg/s)	438.4 ± 66.0	392.7 ± 55.0	**	436.5 ± 53.6	-404.6 ± 53.9	n. s.
下腿角速度 ( $\omega 2$ ) (deg/s)	728.3 ± 53.8	734.8 ± 43.9	n. s.	691.6 ± 102.6	-688.8 ± 84.3	n. s.
膝関節角速度 ( $\omega 3$ ) (deg/s)	-289.9 ± 97.0	-342.1 ± 60.3	n. s.	-255.1 ± 127.6	-284.3 ± 105.4	*
足関節角速度 ( $\omega 4$ ) (deg/s)	-423.2 ± 82.7	-452.9 ± 107.6	n. s.	-341.1 ± 139.2	-347.3 ± 125.6	n. s.
大腿角速度の最大値 ( $\omega 5$ ) (deg/s)	871.7 ± 30.7	853.4 ± 69.1	n. s.	917.2 ± 43.9	916.9 ± 47.1	n. s.
下腿角速度の最大値 ( $\omega 6$ ) (deg/s)	976.8 ± 62.0	940.2 ± 48.0	*	940.0 ± 67.5	950.3 ± 92.7	n. s.
脚全体スイング速度の最大値 ( $\omega 7$ ) (deg/s)	729.3 ± 38.5	694.4 ± 28.7	**	710.2 ± 38.8	702.2 ± 54.4	n. s.
膝関節屈曲角速度の最大値 ( $\omega 8$ ) (deg/s)	-517.0 ± 82.2	-512.6 ± 47.9	n. s.	-512.2 ± 104.8	-558.4 ± 121.2	n. s.
膝関節伸展角速度の最大値 ( $\omega 9$ ) (deg/s)	722.6 ± 88.2	738.5 ± 158.0	n. s.	753.4 ± 74.4	744.5 ± 72.4	n. s.
足関節背屈角速度の最大値 ( $\omega 10$ ) (deg/s)	-906.5 ± 78.6	-935.1 ± 51.9	n. s.	-817.9 ± 104.8	-811.4 ± 125.7	n. s.
足関節底屈角速度の最大値 ( $\omega 11$ ) (deg/s)	1457.7 ± 103.1	1450.7 ± 156.8	n. s.	1443.0 ± 134.6	1406.8 ± 133.3	*
離地時 大腿角速度 ( $\omega 12$ ) (deg/s)	522.3 ± 60.3	469.2 ± 114.4	n. s.	413.0 ± 125.7	382.5 ± 98.8	n. s.
下腿角速度 ( $\omega 13$ ) (deg/s)	341.9 ± 64.7	316.8 ± 123.9	n. s.	335.6 ± 75.8	350.5 ± 42.0	n. s.
膝関節角速度 ( $\omega 14$ ) (deg/s)	180.4 ± 121.2	152.3 ± 232.7	n. s.	77.4 ± 169.5	32.0 ± 105.3	n. s.
足関節角速度 ( $\omega 15$ ) (deg/s)	797.5 ± 146.8	811.8 ± 172.8	n. s.	948.2 ± 117.5	905.4 ± 117.2	n. s.
支持前半の大腿平均角速度 (deg/s)	469.7 ± 62.2	439.8 ± 36.9	n. s.	458.1 ± 45.5	427.3 ± 53.8	n. s.
支持前半の下腿平均角速度 (deg/s)	907.4 ± 53.7	881.4 ± 47.5	n. s.	859.1 ± 53.3	866.8 ± 68.9	n. s.
支持後半の大腿平均角速度 (deg/s)	742.6 ± 22.1	714.1 ± 50.2	n. s.	757.6 ± 28.9	747.5 ± 24.2	n. s.
支持後半の下腿平均角速度 (deg/s)	420.7 ± 47.7	375.0 ± 32.9	*	350.8 ± 48.7	352.5 ± 57.2	n. s.

\* p&lt;0.05, \*\* p&lt;0.01

表 4 回復期における下肢に関する動作項目

動作項目	上位群			下位群		
	FT	ST	有意差	FT	ST	有意差
引き付け角度 ( $\theta$ 13) (deg)	35.8 ± 6.0	35.5 ± 6.1	n. s.	37.1 ± 7.9	36.0 ± 7.5	n. s.
もも上げ角度 ( $\theta$ 14) (deg)	66.1 ± 4.9	66.5 ± 6.1	n. s.	66.1 ± 5.0	65.2 ± 4.9	n. s.
振り出し角度 ( $\theta$ 15) (deg)	159.6 ± 4.8	165.4 ± 4.5	n. s.	163.6 ± 4.1	163.3 ± 4.6	n. s.
引き付け速度 ( $\omega$ 16) (deg/s)	1136.6 ± 146.5	950.3 ± 192.1	n. s.	994.3 ± 88.5	992.7 ± 148.5	n. s.
もも上げ速度 ( $\omega$ 17) (deg/s)	937.7 ± 47.6	933.6 ± 41.2	n. s.	846.7 ± 51.8	855.1 ± 57.0	n. s.
振り出し速度 ( $\omega$ 18) (deg/s)	1413.6 ± 61.3	1374.8 ± 25.3	n. s.	1396.4 ± 138.3	1391.5 ± 145.6	n. s.
振り下ろし速度 ( $\omega$ 19) (deg/s)	469.9 ± 44.5	438.8 ± 39.1	**	468.8 ± 26.2	447.3 ± 22.7	n. s.
振り戻し速度 ( $\omega$ 20) (deg/s)	562.9 ± 35.6	548.5 ± 38.2	n. s.	527.3 ± 55.8	518.8 ± 41.9	n. s.

\* p<0.05, \*\* p<0.01

### 3-3 回復期の走動作に関して

表 4 は、回復期における走動作に関する項目を比較したものである。上位群において、振り下ろし速度は FT の方が有意に大きかった ( $p<0.01$ )。一方、下位群ではすべての項目で有意な差はみられなかった。

## 4. 考 察

### 4-1 上位群における走速度の変動要因

両群の ST における走速度は同程度であったが、上位群は FT において大きく走速度を増加させていた。その要因として、支持時間と滞空時間の短縮によってピッチを高められていたことが挙げられ、滞空時間の短縮が特に顕著であった。先行研究では、高速度領域での走速度の増加には滞空時間の短縮によるピッチの増加が大きく寄与していることが報告されている (鈴木ほか 1984)。また、豊島ほか (2015) は、100 m の自己記録 10 秒 33 の短距離選手 1 名を対象にして、ピッチとストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクスの要因を検討している。その中で、ピッチが有意な試技はストライドが有意な試技よりも滞空時間が有意に短かったことを報告しており、本研究の上位群でもこれらの報告と同様の傾向が示されたといえる。

支持期においては、FT は ST よりも接地時

の大腿角速度、支持中の脚全体スイング速度、下腿角速度の最大値、支持後半の下腿平均角速度が大きかった。さらに FT の方が、離地時の下腿は前方に大きく傾いており、膝関節角度が小さかった。矢田ほか (2011) は、世界一流選手は、支持後半で下腿角速度を大きくすることで膝関節の伸展動作を小さくし、脚全体スイング速度を大きく発揮していることを報告している。これらのことから、上位群は接地からの大腿の後方へのスイング動作を効果的に脚全体スイング速度に変換するような合理的なキック動作ができており、FT における走速度の増大に影響を与えていたと考えられる。

回復期においては、FT の方が接地前の大腿の振り下ろし速度が大きかった。伊藤ほか (2010) は、走幅跳の助走速度が大きな選手ほど、回復期における大腿の振り下ろし速度が大きい傾向であったことを報告している。接地前に大腿の速度を高めておくことにより、接地後の膝関節の過度な屈曲の抑制につながることを示唆している。これらの傾向は、走速度を高めるための支持中の合理的なキック動作にもつながることで脚全体スイング速度の向上に寄与するものと考えられ、上位群の FT おいても同様の傾向であったと考えられる。

#### 4-2 下位群における走速度の変動要因

走速度の値に直結するストライド、ピッチ、支持時間、滞空時間においてはFTとSTの間に有意な差は観察されなかった。つまり、走速度に差があるのにも関わらず、それらの要因となるピッチとストライドには有意な差がみられなかったことになり、下位群における高強度領域での走速度上昇の要因は一樣でなかったと推察される。

さらに、下位群の下肢動作に関しては、2つの項目で有意な差が確認された。その中で、FTで支持期における足関節底屈角速度の最大値が大きくなっていった。松尾(2009)は、日本一流のスプリンターでは、接地中の足関節の底屈動作が少なく、動作範囲も狭いことを報告している。このことから、下位群の離地時の足関節底屈角速度が大ききことは、進行方向への走速度を高める上で非合理的な動作であると考えられる。これらから、下位群においては、走速度向上の要因を下肢動作から説明することが困難であった。

#### 5. まとめと指導現場への示唆

本研究では、短距離選手における走速度の個人内変動の要因を検討した。その結果、競技レベルによって異なる動作の傾向が明らかとなり、トレーニング指導や選手育成に役立つ知見を提供した。この結果は、競技レベルに応じて走速度を發揮する上での課題が異なることを示唆している。上位群においては、FTで合理的な走動作が確認され、走速度の増大に寄与する要因が明確に特定された。一方、いくつかの項目で有意な差が認められたが、走速度の増大に関与する要因を特定することは困難であった。

このことから、下位群においては動作のばらつきが大きく、個々の選手によって走速度發揮に影響する要素が異なり、上位群のよう

に競技レベルが高くなるにつれて選手間での動作パターンの一様性が向上していくと考えられる。ただし、上位選手の動作を短期間で完全に模倣することは難しいため、技術の定着を段階的に進める必要がある。藤井ほか

(1996)による報告によれば、疾走中に下肢の動きを強調するような指導を行った場合、指導した動作とは逆の変化が観察されることがある。このことから、個々の選手の特性や競技レベルに応じた適切な指導が重要であると考えられる。今後は、選手ごとの特性や競技レベルに応じた効果的な指導法や練習メニューに関して、トレーニング実践的研究による検討が求められる。

#### 参考文献

- 阿江通良(1996)「日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数」『Japan Journal of Sports Science』, 15(3): 155-162。
- 藤井範久・阿江通良・宮下憲・宮下優子(1996)「スプリント走における意識の変化による下肢動作の変容と力学的シミュレーション」『バイオメカニズム』, 13: 53-63。
- 福田厚治・貴嶋孝太・浦田達也・中村力・山本篤・八木一平・伊藤章(2013)「一流短距離選手の接地期および滞空期における身体移動に関する分析」『陸上競技研究紀要』, 9: 56-60。
- グロッサー・ノイマイヤー：朝岡正雄・佐野淳・渡辺良夫 訳(1995)『選手とコーチのためのスポーツ技術のトレーニング』大修館書店：東京, p.2。
- 伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道(1998)「100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係」『体育学研究』, 43: 260-273。
- 伊藤浩志・村木征人(2000)「全力および最



- 大下努力度によるスプリント走の再現性」『日本体育学会大会号』51: 436。
- 伊藤信之・阿江通良・小山宏之・西菌秀嗣・松尾彰文・平野裕一（2010）「跳躍距離の異なる走幅跳選手の助走動作のバイオメカニクスの比較」『スプリント研究』, 20: 19-32。
- 松尾彰文・広川龍太郎・杉田正明・阿江通良（2007）「レーザー方式による100mおよびハードルのスピード分析」『陸上競技研究紀要』, 3: 59-64。
- 松尾彰文（2009）「最新の科学サポート トップスプリンターのメカニズム」『スプリント研究』, 19: 9-14。
- 岡野進（2001）「シドニー・オリンピック陸上競技における日本代表選手の実力発揮度を考える-日本代表選手と優勝者の「記録達成率」の比較を通して-」『陸上競技マガジン3月号』, pp.128-133。
- 岡野進（2005）「アテネオリンピック大会における陸上競技日本代表選手・団の記録「達成率」ならびに実力発揮度について」『陸上競技研究紀要』, 1: 52-64。
- 岡野進（2008）「第11回IAAF世界陸上競技選手権大会」における日本選手・群（団）ならびに優勝者・群における「記録達成率（実力発揮度）」についての考察」『陸上競技研究紀要』, 4: 10-25。
- 斉藤昌久・伊藤章（1995）「2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化」『体育学研究』, 40(2): 104-111。
- 杉林孝法・村木征人・伊藤浩志（2003）「全力疾走反復条件下におけるパフォーマンス動態」『スポーツ方法学研究』, 16(1): 27-37。
- 鈴木秀治・渡部士郎・鈴木正隆・阿部馨（1984）「ランニングスピード増大に伴って変化する下肢の動きとEMG活動」『第7回日本バイオメカニクス学会大会論集』, 55-61。
- 豊嶋陵司・田内健二・遠藤俊典・磯繁雄・桜井伸二（2015）「スプリント走におけるピッチおよびストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクスの要因」『体育学研究』, 60: 197-208。
- 土江寛裕・中川博文・矢澤誠・佐々木秀幸（2002）「200m競走における10mごとの疾走速度とピッチ、ストライド変化」『陸上競技紀要』, 15: 30-38。
- 矢田恵大・阿江通良・谷川聡・伊藤章・福田厚治・貴嶋孝太（2011）「標準動作モデルによる世界一流および学生短距離選手の疾走動作の比較」『陸上競技研究』, 87: 10-16。
- 綿谷貴志（2018）「高校男子長距離選手のスプリント動作に関するバイオメカニクスの研究」『青森県スポーツ医学研究会誌』, 27: 21-28。