

# 大学生長距離選手による 接地期のスプリント動作について

## Sprint Movement of Foot Contact Phase in University Long-distance Runners

馬 場 崇 豪\*

Takahide Baba

### 要 旨

本研究は大学生長距離選手を対象に接地期の下肢動作を分析し、これまで報告されてきた短距離選手のスプリント動作と比較することで、長距離選手のスプリント動作の特徴を明らかにすることを目的とした。男子大学生長距離選手にスタンディングからの50m走を実施し、その様子をハイスピードカメラで撮影した。動作分析項目は股関節、膝関節、足関節の接地瞬間、中間時点（股関節を除く）、離地瞬間の角度および接地中の脚全体の後方スイング速度とし、ジュニアスプリンター、トップアスリートスプリンターの同項目と比較検討した。その結果、本研究対象者の平均疾走速度は8.03m/sでありジュニアスプリンターよりも低い値を示した。股関節では、本研究対象である大学生長距離選手は世界一流スプリンターおよびジュニアスプリンターと変わらない角度で接地、離地していた。しかし膝関節、足関節については中間時点から離地瞬間にかけての伸展変位が大きく、股関節の伸展動作が効率よく脚全体の後方スイング速度に転換されていないスプリント動作であるという特徴がみられた。このことから本研究対象者である大学生長距離選手は接地中の膝関節および足関節の角変位を小さくすることを留意したスプリントトレーニングを取り入れることで、スプリント能力の向上に繋がると考えられる。

**キーワード：**長距離選手、スプリント動作、接地期、下肢関節角度

---

\* ばばたかひで、九州国際大学現代ビジネス学部、t-baba@cb.kiu.ac.jp

## 1. 目的

2007年大阪世界陸上競技大会男子10000m決勝レースでは8000m以降の1000m毎のラップタイムは速くなっておりレース後半の走スピードは増加傾向にあるとしている（榎本2010）。また同大会での男子5000m決勝のレース分析では優勝したラガト選手の12週目の走速度は7.93m/sであるとし、単純に100m走のタイムに換算すると12秒6台となる。国内レースを分析した報告においては、男子5000m決勝の上位3名とも4350m地点から4950m地点にかけ疾走速度は増加しており、男子10000m決勝上位3名についても7950m地点から9950m地点にかけて同様な傾向がみられる（上野ほか2020）。このように近年、長距離走においてはとくにレース後半の疾走速度は高速化しており、持久能力だけでなくスプリント能力も高めることはパフォーマンス向上の重要な課題であると考えられる。

スプリント能力を動作分析の観点からみると、世界一流短距離選手といった疾走能力の高い選手の動作的な特徴は多くの研究で報告されている（伊藤ほか1994, 伊藤ほか1998, 佐川ほか1997, 福田ほか2008, 福田ほか2010）。キック動作でいうと、接地前から生じる股関節伸展の力を接地中の脚全体の後方へのスイング速度に効率よく転換しており、速い選手ほど接地中の膝関節や足関節の角度の変化が小さいとしている。一方、長距離走に関してケニア人選手と日本人選手とを比較した研究では、支持期においてケニア人選手は日本人選手と比べ、股関節の伸展速度が接地直後にすばやく増大することで支持期中間の大腿がより伸展しているとし、より前方へ身体重心を送り出しているとしている。そして、世界一流長距離選手は膝関節と足関節の屈曲及び伸展動作と股関節の伸展動作により効果的に高い疾走速度を得ており、身体を上方ではなくより前へ送ることができ、短距離走とは異なる長距離走における効果的なキック動作を行っているとしている（榎本・阿江2007）。長距離選手のスプリントタイムに着目した研究では、男子シニア長距離選手を対象に100m及び400mの

全力走のタイム測定を実施し、5000mパーソナルベストタイムとの関係を調べている (山中2018)。その結果、5000mパーソナルベストタイムと100m全力走のタイム、5000mパーソナルベストタイムと400m全力走のタイムとの間に有意な相関関係が認められ、スプリント力が長距離走のパフォーマンスを規定する重要な因子であるとしている。これらのことから短距離走、長距離走それぞれ疾走中における接地期での下肢動作は異なるものの、長距離選手におけるスプリント能力 (100mや400m) を高めることは、パフォーマンス向上に必要不可欠な要素であることがいえる。従って、長距離選手のスプリント動作を把握することで、今後のスプリントトレーニングに関する知見を得ることができると考えられる。そこでまず本研究では長距離選手にスプリント走を実施し、これまで報告されている短距離選手のスプリント動作と比較することで、長距離選手のスプリント動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

被験者は長距離種目を専門とする男子大学生4名で、平均身長 $167.2 \pm 2.10$  cm、平均体質量 $55.0 \pm 0.82$  kg、5000m走のベストタイムは平均15分14秒であった。スプリント動作は全天候型走路上にてスタンディングからの50m走を実施し、その様子をハイスピードカメラで撮影した (120fps)。その後、撮影したビデオ映像はパーソナルコンピューターに取り込み、動作分析ソフト kinoveaにより分析を行った。なお本研究は九州国際大学研究倫理審査委員会において承認され、コーチ及び選手に対し研究内容を説明し、文面で実験参加の同意を得た者に対してのみ実験を行った。

ストライド長は2歩分のつま先の座標より、ステップ頻度は1歩に要する時間からその逆数より求め、それらの積より疾走速度を求めた。動作項目は先行研究 (伊藤ほか1994) を参考に股関節角度、膝関節角度、足関節角度、脚全体の後方スイング速度を求めた。股関節角度については接地瞬間、離地瞬間を求

め、膝関節角度と足関節角度については接地瞬間、中間時点、離地瞬間とし、中間地点については最小角度を求めた。また接地瞬間から中間時点までの角度の変化を負の値、中間時点から離地瞬間までの角度の変化を正の値とした。脚全体の後方スイング速度は大転子と足関節を結ぶ線と鉛直線のなす角度と定義し、これらの接地中の角度を求めたのち数値微分し、最大値を用いた。得られた分析結果は全て平均値を用い、短距離種目を専門とするジュニアスプリンター（宮丸2001）及びトップアスリートの男子短距離選手の疾走動作に関する報告（伊藤ほか1994、佐川ほか1997、福田ほか2010）をまとめたもの（以下、世界一流スプリンター）を参考に比較検討を行った。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 疾走速度、ストライド長、ステップ頻度について

本研究による全被験者の疾走速度は $8.03\text{m/s} \pm 0.540$ 、ストライド長 $2.02\text{m} \pm 0.012$ 、ステップ頻度 $3.98\text{回/s} \pm 0.230$ であった。本研究対象である大学生長距離選手と同等な成人男性を対象にした50m走の報告によると（宮丸2001）、19歳、20歳の疾走速度はそれぞれ $7.81\text{m/s}$ 、 $7.56\text{m/s}$ であったとしており、これらと比較すると本研究の大学生長距離選手の疾走速度は速い傾向を示した。一方、全国小学生陸上競技大会において6年生時に100mで入賞したジュニアスプリンターによる疾走速度は $8.79\text{m/s}$ という報告があり、これらと比較すると遅い傾向を示した。これらのことから本研究対象である大学生長距離選手の短距離走の疾走能力は同年齢一般男性よりは速いが、全国大会で入賞する小学6年生よりは遅いレベルであった。また短距離トップアスリート選手をまとめた世界一流スプリンターの平均疾走速度は $11.22\text{秒/s}$ であった。

#### 3.2 下肢動作について

分析結果により大学生長距離選手の股関節角度は接地瞬間 $140.78\text{度} \pm 2.385$ 、

離地瞬間 $196.25^{\circ} \pm 4.265$ であった(表1)。先行研究をまとめた世界一流スプリンターの接地瞬間角度は $138.89^{\circ}$ 、離地瞬間では $196.12^{\circ}$ 、ジュニアスプリンターではそれぞれ $134^{\circ}$ 、 $190.7^{\circ}$ であった。接地瞬間の角度は大学生長距離選手の値が最も大きいものの世界一流スプリンターとは約 $1.1^{\circ}$ 、ジュニアスプリンターでは約 $5.2^{\circ}$ の差であった。離地瞬間の角度では大学生長距離選手と世界一流スプリンターとはあまり変わらず、ジュニアスプリンターとは約 $6^{\circ}$ の差であった。接地瞬間から離地瞬間までの動作範囲を求めたところ、大学生長距離選手 $55.47^{\circ}$ 、世界一流スプリンター $57.2^{\circ}$ 、ジュニアスプリンターでは $56.7^{\circ}$ であり、大学生長距離選手の股関節の動作範囲は世界一流スプリンターおよびジュニアスプリンターより小さかったがその差は約 $1 \sim 2^{\circ}$ 程度であった。これまで報告されている世界一流短距離選手の間疾走動作の股関節について、接地瞬間の角度および離地瞬間の角度と疾走速度との間には有意な関係性はみられないとされている(伊藤ほか1994、伊藤ほか1998)。また世界一流短距離選手の接地瞬間および離地瞬間の大腿角度と疾走速度との関係でも、大きなばらつきがみられ一定の傾向はみられなかったとしている(福田ほか2010)。これらのことから短距離種目を専門とする短距離選手間においては、接地瞬間から離地瞬間までの股関節角度や動作範囲と疾走速度とは関係ないといった統一的な見解がみられる。ジョギングのような遅い速度から最大努力までいくつかの速度で走行をしてもらい下肢関節の動作範囲を調べた研究では、 $7 \text{ m/秒}$ 以下の低速では走速度増加に伴い股関節伸展の範囲は拡大するが、それ以上の速度では各選手さまざまな傾向を示すとしており(松尾2008)、本研究での大学生長距離選手の疾走速度は約 $8 \text{ m/秒}$ 以上のことから、短距離走を専門とする選手と同様な股関節の動作範囲を示したと考えられる。

表1. 股関節の接地瞬間、離地瞬間の角度と伸展変位角度  
(著者作成)

	股関節角度 (deg)		
	接地瞬間	離地瞬間	伸展変位
大学生長距離選手	140.78	196.25	55.47
世界一流スプリンター	138.89	196.12	57.2
ジュニアスプリンター	134.0	190.7	56.7

膝関節角度に関して大学生長距離選手の接地瞬間は $154.75^\circ \pm 3.031$ 、中間時点 $144.75^\circ \pm 0.433$ 、離地瞬間 $159.75^\circ \pm 2.385$ であった(表2)。世界一流スプリンターの接地瞬間は $153.27^\circ$ 、中間時点 $145.7^\circ$ 、離地瞬間では $149.35^\circ$ で、ジュニアスプリンターではそれぞれ $146^\circ$ 、 $138.1^\circ$ 、 $157.1^\circ$ であった。接地瞬間から中間時点の動作範囲である屈曲変位をみると大学生長距離選手 $-10^\circ$ 、世界一流スプリンター $-7.57^\circ$ 、ジュニアスプリンター $-7.9^\circ$ であった。また中間時点から離地瞬間の動作範囲である伸展変位では大学生長距離選手 $15^\circ$ 、世界一流スプリンター $3.65^\circ$ 、ジュニアスプリンター $19^\circ$ であった。疾走速度の高い選手の離地瞬間の角度は疾走速度との間に負の相関(福田ほか2010)、接地瞬間から中間時点の屈曲変位は正の相関(伊藤ほか1998)、中間時点から離地瞬間までの伸展変位は負の相関がみられたもの(福田ほか2010)が報告されている。これらは疾走速度の高い選手は接地瞬間から中間時点まで、中間時点から離地瞬間までのそれぞれの角度の変化が小さいことを意味し、高い疾走速度を発揮する選手の特徴としてキック中の膝関節の屈曲および伸展の動作が小さいことを示している。大学生長距離選手の屈曲変位は短距離選手と大きな差はないと考えられるが、伸展変位に関してはとくに世界一流スプリンターと比べその差は大きい傾向がみられ、この局面における膝の伸展は身体重心の変位を大きくする、すなわち上方への移動を行っており、このことはスプリント走にとってはマイナスの要因となる。

表2. 膝関節の接地瞬間、中間時点、離地瞬間の角度と屈曲および伸展の変位角度  
(著者作成)

	膝関節角度 (deg)				
	接地瞬間	中間時点	離地瞬間	屈曲変位	伸展変位
大学生長距離選手	154.75	144.75	159.75	-10.0	15.0
世界一流スプリンター	153.27	145.70	149.35	-7.57	3.65
ジュニアスプリンター	146.0	138.1	157.1	-7.9	19.0

足関節角度に関して、大学生長距離選手の接地瞬間角度は $118.5 \pm 8.016$ 、中間地点 $99.25 \pm 6.833$ 、離地瞬間 $141.50 \pm 4.555$ であった(表3)。世界一流スプリンターの接地瞬間角度は $97.5$ 度、中間時点 $86.52$ 、離地瞬間では $117.69$ 度で、ジュニアスプリンターではそれぞれ $103.1$ 度、 $86.2$ 度、 $116.8$ 度であった。接地瞬間から中間時点までの動作範囲である屈曲変位をみると大学生長距離選手 $-19.25$ 度、世界一流スプリンター $-10.97$ 度、ジュニアスプリンター $-16.9$ 度であった。また中間時点から離地瞬間までの動作範囲である伸展変位では、大学生長距離選手 $42.25$ 度、世界一流スプリンター $31.17$ 度、ジュニアスプリンター $30.6$ 度であった。足関節の動作についても膝関節同様、疾走速度の高い選手は接地瞬間から中間時点、中間時点から離地瞬間までの変位は小さい傾向にあることが報告されている(伊藤ほか1994, 福田ほか2008)。大学生長距離選手は屈曲変位、伸展変位とも大きく足関節における屈伸動作が大きい傾向がみられることから、接地中における身体重心の上下運動のあるスプリント動作を行っていることが考えられる。

表3. 足関節の接地瞬間、中間時点、離地瞬間の角度と屈曲および伸展の変位角度  
(著者作成)

	足関節角度 (deg)				
	接地瞬間	中間時点	離地瞬間	屈曲変位	伸展変位
大学生長距離選手	118.5	99.25	141.50	-19.25	42.25
世界一流スプリンター	97.5	86.52	117.69	-10.97	31.17
ジュニアスプリンター	103.1	86.2	116.8	-16.9	30.6

接地中の脚全体の後方スイング速度の最大値について、大学生長距離選手は585.23度/s ± 32.184、世界一流スプリンターでは696.97度/s、ジュニアスプリンターは630度/sであった(表4)。疾走速度の高い選手ほど接地中の脚全体の後方スイング速度は高いことはこれまでの研究で報告されており、疾走速度の最も低い大学生長距離選手の後方スイング速度値は世界一流スプリンター、ジュニアスプリンターよりも低く、疾走速度と後方スイング速度との関係性は先行研究報告通りであった。伊藤ら(1998)によると、この接地中における脚全体の後方スイング速度は接地前からの股関節伸展動作より生み出された速度が効率よく後方スイング速度に転換するため、股関節の伸展速度と脚全体の後方スイング速度の変化が一致し、そのため疾走速度の高い選手ほど膝関節の伸展動作が小さく、足関節については固定することで短い接地時間内にキック力を地面に伝えられるように対応していたとしている。

表4. 接地中の脚全体の後方スイング速度  
(著者作成)

	脚全体の後方スイング速度 (deg/s)
大学生長距離選手	585.23
世界一流スプリンター	696.97
ジュニアスプリンター	630.0

以上のことから、本研究対象である大学生長距離選手の股関節は世界一流スプリンターおよびジュニアスプリンターと変わらない角度で接地、離地していた。しかし膝関節に関しては中間時点から離地瞬間までの伸展変位で世界一流スプリンターとは約11度違いこの局面での伸展動作が大きく、足関節については接地瞬間から中間時点の屈曲変位が約8度、中間時点から離地瞬間までの伸展変位で約11度も大きかった。またジュニアスプリンターと比較すると、とくに足関節の中間時点から離地瞬間までの伸展変位において大学生長距離選手の方が約11.6度大きく伸展していた。これらのことから本研究の対象である大学生長距離選手のスプリント動作は短距離走を専門とする短距離選手に比べ、膝関節、足関節とも伸展動作が大きく、股関節の伸展動作が効率よく脚全体の後方スイング速度に転換されていない上下動の大きなスプリント動作であるという特徴がみられた。しかし、この特徴は本研究の対象レベルによるものなのか、長距離選手における共通したスプリント動作の特徴なのかは今後検討しなければならない課題である。従って、本研究対象レベルの長距離選手が短距離選手のようなスプリント動作の獲得を目指すのであれば、接地中の膝関節および足関節の角変位を小さくすることを留意したスプリントトレーニングを取り入れることで、スプリント能力の向上に繋がると考えられる。

#### 【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 ベースボールマガジン社』pp.31-49.
- 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(5・6), pp.260-273.
- 上野弘聖・黒崎渥矢・丹治史弥・栗原俊・杉田正明(2020)「2020年度日本選手権大会長距離種目における男女5000mおよび10000mのレース分析」『陸上競技研究』(16), pp.136-140.
- 榎本靖士・阿江道良(2007)「長距離走におけるパフォーマンスと走動作」『陸上競技学会誌 特集号』pp.36-40.
- 榎本靖士・門野洋介・法元康二・鈴木雄太・小山桂史・千葉哲(2010)「長距離レースにお

- る世界一流選手の走動作の特徴」『世界一流選手陸上競技者のパフォーマンスと技術』財団法人日本陸上競技連盟pp.135-153.
- 佐川和則・斉藤昌久・伊藤道郎・加藤謙一・市川博啓・伊藤章(1997)「アジア男子トップスプリンターの中間疾走フォーム」『アジア一流陸上競技者の技術－第12回広島アジア大会陸上競技バイオメカニクス研究班報告－』pp33-47.
- 福田厚治・伊藤章・貴島孝太(2008)「男子一流スプリンターの疾走動作の特徴－世界陸上東京大会との比較から」『バイオメカニクス研究』12(2), pp91-97.
- 福田厚治・貴島孝太・伊藤章・堀尚・川端浩一・末松大喜・大宮真一・山田彩・村木有也・淵本隆文・田邊智(2010)「一流短距離選手の疾走動作の特徴－第11回世界陸上競技選手権大阪大会出場選手について－」『日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書』pp.39-50.
- 松尾彰文(2008)「最大下スピード練習の効果を高めるための提案－ランニングパフォーマンスへの応用」『体育の科学』(58), pp756-764.
- 宮丸凱史(2001)「疾走能力の発達」杏林書院.
- 山中亮(2018)「日本人トップレベル長距離走者に求められる有酸素能力とスプリント力」『トレーニング科学』29(4), pp305-308.
- 横澤俊治・榎本靖士(2008)「長距離走・世界一流選手の走動作の特性-」『体育の科学』58(11), pp765-769.