

陸上スタート動作のバイオメカニクス研究

—クラウチングスタートとラテラルスタートにおける
ジャブステップの有無がスタートパフォーマンスにおよぼす影響—

陳 奕汎

キーワード：スタート，身体重心速度，地面反力，下肢，関節仕事

A biomechanical comparison of the jab and non-jab step techniques in the crouch and lateral starts in sprinting

Chen Yifan

Abstract

Key words: start, velocity of body's CG, ground reaction force, lower limb, mechanical work of joint

1. 緒言

陸上におけるスタート法は、姿勢・構え (position), スタンス (stance), 技術 (step), 方向 (direction) の組み合わせによってさまざまなバリエーションを採る。陸上競技の走種目の選手に限らず、多くの球技系ゴール型スポーツ種目の選手においても、すばやく目標地点へ移動したり、敵対する相手を交わしたり、また、投球や打撃されたボールを捕球したりするなどのために、静止状態から爆発的に加速する能力を身につけることは、試合に勝つための重要な要素として具備すべき運動能力のひとつである。

走運動のスタート動作に関するこれまでのバイオメカニクス研究は、大きくヒトの加速特性それ自体に着目したもの、陸上競技に特化したもの、球技種目に特化したものなどに分類することができる。ここでは、スタートメカニズム解明のためにスタート法そのものを分析したものや、スタートパフォーマンス改善のためにいくつかのスタート法や条件などを相互に比較したものなどがある。このうち、ラテラルスタート法である野球の盗塁スタート動作のジャブステップと非ジャブステップ技術に着目した研究 (Miyanishi et al., 2017) があるが、野球選手を対象とした結果であるため、これらの知見が一般化できうるか疑問の余地がある。また、野球選手以外の他の球技系選手を対象として、クラウチングスタートとラテラルスタート法におけるジャブステップと非ジャブステップ技術に着目した研究はなされていない。

本研究では、走運動のスタート法におけるクラウチングスタートとラテラルスタートに着目して、これらの2つのスタート法におけるジャブステップと非ジャブステップによる加速要因の違いをバイオメカニクスの観点から明らかにすることである。

2. 研究方法

被験者は球技系ゴール型スポーツ種目を専門とする大学選手であった。実験に先立ちウォームアップを含めた各試技の練習後、被験者には各スタート法についてそれぞれジャブステップ (前足を一瞬離地させてからすばやくスタートを切る方法) と非ジャブステップ (前足を地面に着けた状態ですばやくスタートを切る方法) を用いた5m走を全力でランダムに複数回行わせた。全試技動作の身体計測点位置座標および両脚地面反力データを自動動作解析システムとフォースプレートを用いて計測した。5m走タイムの最もよい試技を1試技選定しデータ処理を施した後、各種力学変量を算出した。各試技間の差を検定するために、算出された全データについて平均値と標準偏差を求め、二元配置分散分析、相関分析を実施した。

3. 結果および考察

各スタート法とも、5mスプリントタイム、両脚プッシュオフ、後脚プッシュオフおよび前脚プッシュオフ各局面時間において、ステップ間に有意差は認められなかった。両脚による前方および鉛直反力は、各スタート法とも、ステップ間に有意差はなかった。後脚と前脚による前方反力および鉛直反力は、各スタート法とも、後脚ではジャブステップが非ジャブステップよりも有意に大きく、前脚では非ジャブステップがジャブステップよりも有意に大きかった。両脚と後脚による前方速度は、各スタート法とも、ジャブステップが非ジャブステップよりも有意に大きかった。前脚による前方速度は、クラウチングスタートでは非ジャブステップがジャブステップよりも有意に大きかったが、ラテラルスタートではステップ間に有意差はなかった。前方的パワーは、クラウチングスタートの

テップ間では有意差がなかったが、ラテラルスタートにおいてはジャブステップが非ジャブステップよりも有意に大きかった。

両脚、後脚および前脚局面における前方変位量は、各スタート法とも、ジャブステップが非ジャブステップよりも有意に大きかった。重心上昇鉛直変位量は、各スタート法とも、非ジャブステップがジャブステップよりも有意に大きかった。重心上昇前方変位量は、ラテラルスタートにおいてジャブステップが非ジャブステップよりも有意に大きかった。

クラウチングスタートではステップ間に9変量、ラテラルスタートではステップ間に16変量に有意差が認められた。特に角度範囲、腰および足関節角速度において、各スタート法とも、ジャブステップが非ジャブステップよりも有意に大きかった。

下肢3関節仕事において、クラウチングスタートの後脚における各関節運動において、正の仕事では股関節の屈曲-伸展、膝関節の屈曲-伸展、足関節の背屈-底屈が、一方、負の仕事では膝関節の屈曲-伸展、足関節の底屈-背屈が他の運動よりも増して大きい値を示した。同様に前脚における各関節運動において、各関節運動において、正の仕事では股関節および膝関節の屈曲-伸展、足関節の背屈-底屈が、一方、負の仕事では股関節および膝関節の屈曲-伸展、足関節の底屈-背屈が他の運動よりも増して大きい値を示した。

ラテラルスタートの後脚における各関節運動において、正の仕事では股関節の屈曲-伸展および内転-外転、膝関節の屈曲-伸展および内転-外転、足関節の背屈-底屈が、一方、負の仕事では膝関節の内転-外転、足関節の底屈-背屈が他の運動よりも増して大きい値を示した。同様に前脚における各関節運動において、正の仕事では股関節および膝関節の屈曲-伸展、足関節

の背屈-底屈が、一方、負の仕事では股関節の屈曲-伸展と外転-内転、足関節の底屈-背屈が他の運動よりも増して大きい値を示した。

これらの結果をまとめると、各スタート法とも、ステップ間のスタート時間（両脚プッシュオフ局面）に差は認められないが、両脚による前方速度はジャブステップが非ジャブステップよりも大きかった。この両脚による前方速度を後脚と前脚による成分に分けて求めたところ、各スタート法とも、後脚による前方速度が前脚による前方速度を上回った。ステップ間の比較では、後脚による前方速度はジャブステップが非ジャブステップよりも大きく、前脚による前方速度（クラウチングスタートのみ）は非ジャブステップがジャブステップよりも大きかった。一方、地面反力をみると、各スタート法とも、両脚による前方反力はステップ間に差がなかったものの、後脚による前方反力はジャブステップが非ジャブステップよりも大きく、前脚による前方反力は非ジャブステップがジャブステップよりも大きかった。つまり、前述したようにプッシュオフ局面時間に差がなかったことから、両脚による前方速度は前脚よりも後脚によって獲得された前方反力が主因でもたらされたものであるといえる。そして、この後脚による前方反力は非ジャブステップよりもジャブステップを用いることによって増大させることができる。これに対して、非ジャブステップはジャブステップのように後脚による前方反力を増大させることができない結果として前脚による前方反力を増大させる方略（代償作用）を採っているものと考えられる。

各スタートのステップにおいて、地面反力（≒重心速度）を増加させるために、両下肢のどの関節の筋出力を主に使用しているのかを明らかにするために下肢動力学的

解析を行い、関節仕事を算出した。その結果、クラウチングスタートにおいては、後脚および前脚とも主に股関節および膝関節伸展、足関節底屈による仕事（筋出力）を増加させており、特に足底屈筋群は典型的な伸張-短縮サイクル運動を行っている可能性が示唆された。また、これらの関節仕事は総じてジャブステップが非ジャブステップよりも大きい。一方、ラテラルスタートにおいては、後脚および前脚ともクラウチングスタートと同様の結果に加えて、各関節の内外転や足関節回内外による仕事が発生した。

4. 結論

本研究では、走運動のスタート法におけるクラウチングスタートとラテラルスタートに着目して、これらの2つのスタート法におけるジャブステップと非ジャブステップによる加速要因の違いをバイオメカニクスの観点から明らかにすることであった。本研究で得られた結果は以下の通りである。

- ①本研究の知見は先行研究の知見と同様な結果であり、球技系のスポーツ種目に一般化できるものと考えられる。
 - ②各スタート法のステップ間に生じた身体重心速度の相違はプッシュオフ局面時間の違いではなく、後脚による前方反力の違いに起因している。
 - ③各スタート法において、地面反力の増加は主として股関節および膝関節伸展、足関節底屈筋群が寄与している。足関節底屈筋群は伸張-短縮サイクル運動となっていることが示唆される。
 - ④各スタート法において、ジャブステップは非ジャブステップよりも後脚の筋出力を増加させることによって身体速度をさらに増加させることが可能である。
- 以上のことから、スタート法の違いに

かかわらず、ジャブステップは非ジャブステップよりもステップ技術として優れており、その有効性が明らかになった。

文献

Miyanishi, T., Endo, S., & Nagahara, R. (2017). Comparison of crossover and jab step start techniques for base stealing in baseball. *Sports Biomechanics*, 16, 552-566. doi/abs/10.1080/14763141.2016.1246604?journalCode=rspsb20.