

高速度域のスプリント走におけるピッチとストライドを制御するバイオメカニクスの要因

Biomechanical factors to control the stride frequency and the stride length during fast velocity sprint in individual

コーチング科学研究領域
5006A015-2 大前祐介

研究指導教員： 磯繁雄教授

<緒言>

疾走速度はピッチとストライドとの積によって決定され、いずれも疾走速度との間に有意な正の相関関係が認められたことが報告されている。つまり、高い疾走速度を獲得するためには、高いピッチと大きなストライドとを同時に獲得する必要がある。これまでの疾走動作中のピッチ、ストライドの様相についての研究は、疾走速度の変化との対応関係、あるいはキネティクス、キネマティクスの変化との対応関係が検討されている。しかし、これらの先行研究では、走者個人の資質が大きく異なる条件下で疾走動作を比較しており、ピッチやストライドに差があったとしても、どのような動作によってそれらが獲得されるのかを明確にすることは困難であると考えられる。

そこで本研究では、同一個人の高速度域におけるピッチ優位型とストライド優位型との走動作の特徴を比較し、ピッチおよびストライドを決定するバイオメカニクスの要因を明らかにすることを目的とした。なお、本研究では高速度域を身体重心速度が 10m/s 以上であることと定義した。

<方法>

本実験には、日本代表経験を有する男子短距離競技者 1 名(被験者 A;身長:176cm, 体重:70kg)を用い、スタンディングスタートから分析区間(約 5.4 m)を全力疾走する試技を行わせた。実験には 12 台の 3 次元光学式位置測定装置(VICON システム; VICON Motion Systems 社製)、走路に埋設した 6 枚の圧力盤(90cm×60cm, Kistler-9287A; Kistler 社製)を使用し、区間内全ての疾走動作と接地時における地面反力を測定した。

本研究では、最初の支持脚が接地(ON1)してから離地(OFF)するまでを接地局面、離地から反対脚の非支持脚が接地(ON2)するまでを滞空局面とした。試技間の時系列データの比較を可能にするために、接地局面を 0%–40%、滞空局面を 40%–100%に

規格化した。分析項目は、ピッチ、ストライド、疾走速度、接地時間および滞空時間、力積、関節角度および関節角速度、セグメント角度およびセグメント角速度であった。実験の結果 10m/s 以上の試技は 17 試技であり、

ピッチおよびストライドの平均値をもとにして、ピッチ優位試技(ピッチ型)およびストライド優位試技(ストライド型)の判別を行った。その結果、ピッチ型 7 試技とストラストライド型 7 試技に分けることができ、両タイプの走動作の特徴を比較検討することにした。

<結果・考察>

(1) パフォーマンスおよび地面反力におけるピッチ型とストライド型との相違

ピッチ型およびストライド型のパフォーマンスを比較したところ、ピッチ型ではピッチが、ストライド型ではストライドがそれぞれ有意に高値を示し、疾走速度には有意差は認められなかった。また、ピッチ型とストライド型の間には支持時間に有意差は認められず、滞空時間はストライド型が有意に高値を示した。このことは、被験者 A が高速度域におけるピッチとストライドの変化を接地時間ではなく、滞空時間を長くしたり、短くしたりすることで達成していたことを示唆するものであった(表 1)。

支持局面における地面反力では、鉛直方向の力積においてストライド型が有意に高値を示した。(図 1 左)また、重心速度では、離地前後の鉛直方向の速度はストライド型が有意に高値を示した。(図 1 右)これらのことは、ストライド型は、支持局面において大きな鉛直方向の地面反力を得ることで離地時においてより上向きに身体を投射し、結果として滞空時間が長くなったことを示唆するものである。

表1 ピッチ型およびストライド型における走パフォーマンスの比較

	疾走速度 (m/s)	ストライド長 (m)	ストライド頻度 (Hz)	支持時間 (ms)	滞空時間 (ms)
ピッチ型	10.39±0.22	2.21±0.02	4.69±0.10	88.1±3.5	125.0±2.6
ストライド型	10.26±0.23	2.35±0.03	4.35±0.07	89.6±2.4	139.8±3.4
差	ns	ストライド型>ピッチ型	ピッチ型>ストライド型	ns	ストライド型>ピッチ型

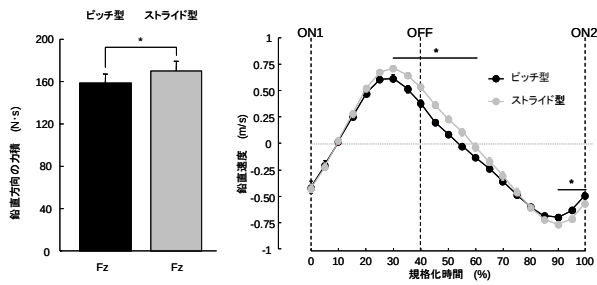


図1 鉛直方向の力積(左)および重心速度(右)
*: $p < 0.05$

(2) 下肢キネマティクスにおけるピッチ型とストライド型との相違

支持脚では、ストライド型はピッチ型と比較して、支持局面ではより膝関節が屈曲位で推移していた。また、滞空局面では、大腿および膝関節がより屈曲位にあった(図 2)。このことは、支持脚は脚全体が小さく折りたたまれ前方スイングを開始していたことを示唆するものである。

非支持脚では、ストライド型はピッチ型と比較して、支持局面および滞空局面ともに大腿が屈曲位にあった(図 2)が、大腿の角速度は両タイプともほぼ同じであった(図 3)。このことは、両タイプは同程度のスイング速度であったが、ストライド型はピッチ型と比較して、腰を基準にして大腿部をより前方で動かしていたことを示唆するものである。

なお、体幹については、ストライド型はピッチ型と比較して、支持および滞空局面を通じてより垂直に近い状態を保っていた。このことは、ストライド型においては非支持脚をより前方で動かすことを、反対にピッチ型においてはより後方で動かすことを可能にさせるために生じた結果であると考えられる。

(3) ピッチとストライドを制御する動作の要因

以上のことから、ピッチとストライドを制御する動作の要因は、鉛直地面反力の大きさおよび腰を基準にした脚の回転動作の前後位置であるといえる(図 3)。

先行研究によると、走高跳における踏切脚と振上脚のキネティクスを分析した結果、踏切局面の代位部分において振上脚の大腿部には、上向きの力(関節力)が作用しており、その力は骨盤を介して反対の踏切脚を下方に押し付ける作用を持つことを報告している。また、スプリントにおける力学的エネルギーの流れを検討した研究では、支持脚の接地時に、非支持脚がより前方にある場合は、非支持脚の大腿から

体幹に向けてエネルギーが流れ、反対に後方にある場合は、体幹から非支持脚へエネルギーが流れることを報告している。これらのことは、大腿が同じ角速度でスイングされたとしても、腰に対する大腿の位置関係によって、支持脚に及ぼす力の向きが変化することを示唆するものである。本研究の結果と照らし合わせると、非支持脚はストライド型ではより前方に位置し、ピッチ型では後方に位置していた。したがって、このような非支持脚の回復動作における前後位置の相違が支持脚の鉛直力積の大きさに影響を及ぼした可能性は十分に考えられる。

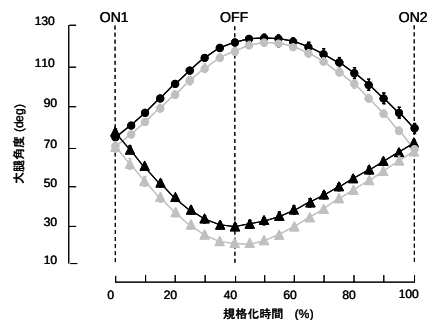


図2 ピッチ型およびストライド型におけるセグメント角度の時系列変化
黒はピッチ型、グレーはストライド型を示す。また、●は支持脚、▲は非支持脚を示す。

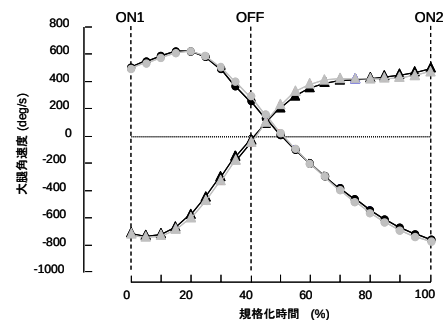


図3 ピッチ型およびストライド型におけるセグメント角速度の時系列変化
黒はピッチ型、グレーはストライド型を示す。また、●は支持脚、▲は非支持脚を示す。

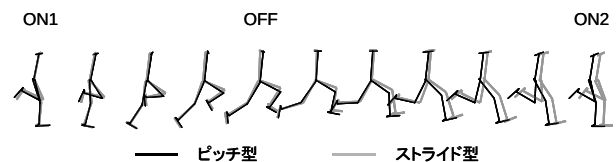


図4 ピッチ型およびストライド型における平均動作パターン

<まとめ>

本研究の結果から、高速度域におけるピッチ及びストライドの制御メカニズムは図 4 のようにまとめることが可能になった。

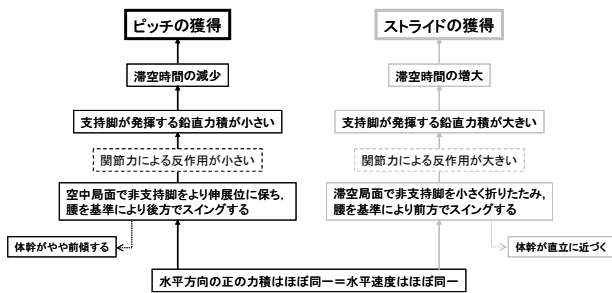


図5 同一速度におけるピッチとストライドの獲得メカニズムのフローチャート