



短距離走スタートにおけるスターティングブロック に加えられた力とブロッククリアランスの関係

篠原, 康男
前田, 正登

(Citation)

体育学研究, 58(2):585-597

(Issue Date)

2013-12

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

©一般社団法人 日本体育学会

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002682>



短距離走スタートにおけるスターティングブロックに加えられた力とブロッククリアランスの関係

篠原 康男¹⁾ 前田 正登²⁾

Yasuo Shinohara¹ and Masato Maeda²: Relationship between the forces applied to the starting blocks and block clearance in a sprint start. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 58: 585-597, December, 2013

Abstract : The forces applied to the starting blocks are an important aspect of a sprint start. For achieving the most effective start, however, the relationship between these forces and block clearance has not been clarified. In this study, an experiment was conducted with collegiate sprinters in order to elucidate this relationship. The 19 male participants performed a start dash from the blocks as in a typical sprint race, and the forces applied to the front and rear starting blocks, as well as to the ground during the first step, were measured with force plates. The following results were obtained. Based on the impulses applied to the starting blocks, the horizontal impulse component had a greater effect than the vertical impulse component at block clearance. Furthermore, at block clearance, the horizontal component of the impulse applied to the front block accounted for a large proportion of the total horizontal impulse applied to the starting blocks. However, there was a significant correlation between the horizontal component of the impulse applied to the rear block and the total horizontal impulse applied to the starting blocks. The horizontal component of the impulse was affected by the duration of force application to the blocks. Moreover, the horizontal component of the impulse applied to the starting blocks was unrelated to block placement. This indicates that the component was affected by the position of the sprinter relative to the front and rear blocks. Lastly, the horizontal impulse component at block clearance affected the sprint start until grounding of the first step, after which this relationship differed according to the starting strategy and grounding skill of individual participants.

Key words : crouch start, starting blocks, impulse, block clearance

キーワード : クラウチングスタート, スターティングブロック, 力積, ブロッククリアランス

I. 緒 言

陸上競技の短距離走では、クラウチングスタートでの出発とスターティングブロックの使用が義務づけられている。選手はレース前にスターティングブロックの設定を調整して号砲に備え、号砲とともに静止した構えの姿勢からブロックを離れ

(以後、ブロッククリアランス) し、第1歩目、第2歩目、…と、徐々に加速していく。このように、静止したクラウチング姿勢から疾走速度を一気に立ち上げるためには、スターティングブロックへの力発揮が必要となる。Bender (1934) は、短距離走スタートにおける速度獲得要因にスターティングブロックの使用を挙げており、また、山根ほか (1986) のスタート方法に関する

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科・日本学術振興会特別研究員

〒657-8501 神戸市灘区鶴甲 3-11

2) 神戸大学大学院人間発達環境学研究科

〒657-8501 神戸市灘区鶴甲 3-11

連絡先 篠原康男

1. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science

3-11 Tsurukabuto Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501

2. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

3-11 Tsurukabuto Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501

Corresponding author 091d203d@stu.kobe-u.ac.jp

報告によると、クラウチング姿勢からのスタートを疾走に生かせるかどうかは、筋力に起因するのではなく、ブロックへの力の加え方が要因になるという。したがって、短距離走におけるクラウチングスタートを検討する上で、スターティングブロックへの力発揮は重要な要因であるといえる。

スターティングブロックへの力発揮については、古くから研究が行われており (Henry, 1952), 左右のブロックにストレインゲージを貼付することでスターティングブロックに加えられた力の時間変化を測定するという手法が用いられてきた (Guissard and Duchateau, 1990; 金子ほか, 1976; 小林ほか, 1975; Payne and Blader, 1971; 佐久間・小林, 1980; 袖山ほか, 1969)。しかし、ストレインゲージによる測定では、ブロックにストレインゲージを貼付することで、加えられた力によるブロックの歪みは測定できるものの、ブロックに加えられた力の大きさや方向について、正確かつ詳細な検討をすることはできない。野原ほか (1977) は、スターティングブロックの下にフォースプレートを設置して、スターティングブロック全体に加えられた力を測定し、スタート時の力発揮について検討を行った。その結果、ブロックの配置設定によってブロックに加えられた力の波形が異なっていたことを述べている。また、松尾 (2008) は世界一流競技者 2 名のスタート時の力波形を示し、進行方向と鉛直方向への力の加え方が 2 名でそれぞれ異なっていたことを報告している。これらの研究から、スターティングブロックへの力発揮は配置や選手によって異なるといえる。しかし、スターティングブロック全体への力発揮が、前後それぞれのブロックに対する力発揮とどのように関係するのかについて、ほとんど議論されていない。

また、クラウチングスタートではスターティングブロックへの力発揮のみを考えればよいというわけではない。Tellez and Doolittle (1984) は、レース全体に対し、最も貢献度の高いとされる加速局面にはブロッククリアランスが影響すると述べている。さらに、Mero et al. (1983) は、スターティングブロックへの力発揮が、その後の加

速局面における疾走速度に影響することを述べている。陸上競技短距離走の指導書 (Gambetta et al., 1989) においても、よいスタートを行うために選手が意識しなければならない点の 1 つに、ブロッククリアランスでは飛び出すのではなく、走るようにクリアランスすることを挙げている。これらのことを踏まえると、ブロッククリアランスは短距離走におけるスタートの一部であり、スターティングブロックへの力発揮はクリアランス中だけでなく、クリアランス後も踏まえたものとなる必要がある。しかし、スターティングブロックへの力発揮がブロッククリアランス後の力発揮とどのように関係するのかについては、ほとんど議論されていない。小林ほか (2009) はブロッククリアランス後の加速局面での力発揮について、パフォーマンスレベル間で比較検討を行っているが、第 1 歩目の接地以降が対象であり、ブロッククリアランス時の力発揮については検討していない。短距離走のスタートは静止した状態から始まることから、スタート時の力発揮の検討には、スターティングブロックへの力発揮も含めて検討する必要があるといえる。

これらに対し、篠原・前田 (2010) は、前後のブロックに加えられる力および第 1 歩目の地面反力をそれぞれフォースプレートにより測定し、スタート時の力発揮様態について検討を行っている。その結果、前ブロックに加えられた力の大きさの時間変化パターンは選手によって異なり、スタート後の第 1 歩目と関係する可能性があることを報告している。しかし、この報告では、加えられた力の時間変化パターンについて検討しているのみで、前後それぞれのブロックやスターティングブロック全体への力発揮、ブロッククリアランス後の第 1 歩目への影響について、詳細な検討はなされていない。

さらに、スターティングブロックへの力発揮を力積の観点から論じたものも少ない。野原ほか (1977) は、クリアランス時の速度はブロックに加えられた一時点の力の大小よりも、加えられた力のトータルである力積に支配されると述べている。Fortier et al. (2005) は、前後のブロックに

加えられた力の波形や力の最大値、力を加えた時間などの測定データを選手にフィードバックすることでスタート動作のスキル改善を試みたが、フィードバック後の改善はみられなかったことを報告している。これらのことから、ある一時点の力の大きさよりも、力と時間の積である力積を観点とした方が、スタート時の力発揮を検討することに則しているといえる。さらに、選手によってスタートの運動感覚やイメージが異なるという報告（戸倉・佐藤，2009）もみられることから、前後それぞれのブロックやスターティングブロック全体に加えられる力積の大きさやその加え方は一定であるとは考えにくい。したがって、ブロッククリアランス中に加えられた力積の大きさからスターティングブロックへの力発揮がブロッククリアランスとどのように関係するのかを検討する必要がある。

本研究では、短距離走スタート時の力発揮について、特に静止した状態から加速する際の力発揮に着目し、スターティングブロックへの力発揮の大きさがブロッククリアランスやその後の第1歩目とどのように関係するか、スターティングブロックに加えられた力積をもとに検討することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属する男子短距離選手19名（身長； 172.8 ± 5.3 cm，体重； 64.4 ± 4.5 kg，100 m 走自己記録； 11.18 ± 0.30 秒：記録の範囲は10.62—11.75秒）とした。なお、被験者には実験前に研究の目的、実験方法および測定時の危険性などについて十分に説明を行った後、実験参加の了解を得た。実験は、「神戸大学大学院人間発達環境学研究科における人を直接の対象とする研究に関する規程」に則り行われた。

2. 実験方法

1) 測定機器の設定

本研究では左右それぞれのブロックに加えられ

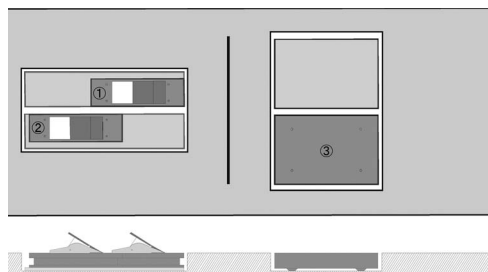


図1 各フォースプレートの配置設定

る力を測定するために左右のブロックを固定するフレームを取り外し、左右のブロックを独立させて2台のフォースプレート（TP803-5416-5KN，テック技販）上にそれぞれボルトで完全に固定した（図1参照，①と②が該当）。左右のフォースプレート間は、フレーム幅と同じ距離に設定した。左右のブロックは、それぞれフォースプレートに取り付けたまま3.5 cm 間隔で前後に移動させて設置することが可能であり、通常のスターティングブロックと変わらない配置設定ができるようにした。

また、本研究ではスタート後の第1歩目の地面反力についても、スターティングブロックに加えられた力とは別にフォースプレート（9281C，Kistler）を用いて測定を行った（図1参照，③が該当）。

2) 実験試技

被験者には、競技会を想定したスターティングブロックからのスタートダッシュを行わせた。その際、被験者には第4歩目までは競技会の意識でスタートするように指示し、7 m 程度以上を疾走させた。また、試技を行う前に、普段と同じブロック配置となるようフォースプレートの位置を調節した。なお、各ブロックの角度および足の着き方については、普段と同様の設定にするように被験者に指示した。被験者のブロッククリアランス時に後ブロック、前ブロックに加えられた力および第1歩目の地面反力を測定した。試技回数は10回とし、試技間は疲労の影響が出ないように選手に確認をとってから次の試技に移ることとした。3つのフォースプレートにおけるサンプリ

ングレートは全て1 kHzであり、被験者のスタートダッシュの合図には JESTAR（ニシ・スポーツ）を用い、フォースプレートからの信号出力を収録する際の外部トリガーとしても用いた。

3. 試技分析

本研究では、前後のブロックに加えられた力および第1歩目の地面反力について、号砲前0.1秒から第1歩目を離地するまでを分析対象とした。

1) 分析項目

① 力積 (Ns/kg)

ブロッククリアランス中に前後のブロックに加えられる力は、主に進行方向と逆方向および鉛直下向きの力と考えることができる。そこで、スターティングブロックに加えられた力積の水平成分および鉛直成分を前後のブロック別にそれぞれ求めた（以下、「前ブロックへの力積（水平成分： I_{Fh} 、鉛直成分： I_{Fv} ）」と「後ブロックへの力積（水平成分： I_{Rh} 、鉛直成分： I_{Rv} ）」と略す）。そして、成分ごとに加算し、スターティングブロック

に加えられた力積の水平成分および鉛直成分をそれぞれ算出した（以下、「スターティングブロックへの力積（水平成分： I_{Th} 、鉛直成分： I_{Tv} ）」と略す）。なお、ブロッククリアランス中に加えられた力積の鉛直成分については、Set時に前ブロックおよび後ブロックに加えられている鉛直成分の力の平均値を基準（Baseline）とし、号砲後、鉛直成分に加えられた力から Baseline 分を差し引いた値を用いて算出した。

また、第1歩目については、第1歩目の接地中に加えられた力積を水平成分および鉛直成分にそれぞれ分けて算出した（以下、「第1歩目の力積（水平成分： I_{Gh} 、鉛直成分： I_{Gv} ）」と略す）。なお、加えられた力積の鉛直成分については、体重分を差し引いた値として算出した。

全ての力積は被験者の体重で除した値とした。

② 力を加えた時間 (s)

Setの構え時における水平成分と鉛直成分の合成力を基準（Baseline）とした。そして、号砲後、合成力が Baseline を100%とした時の105%を上

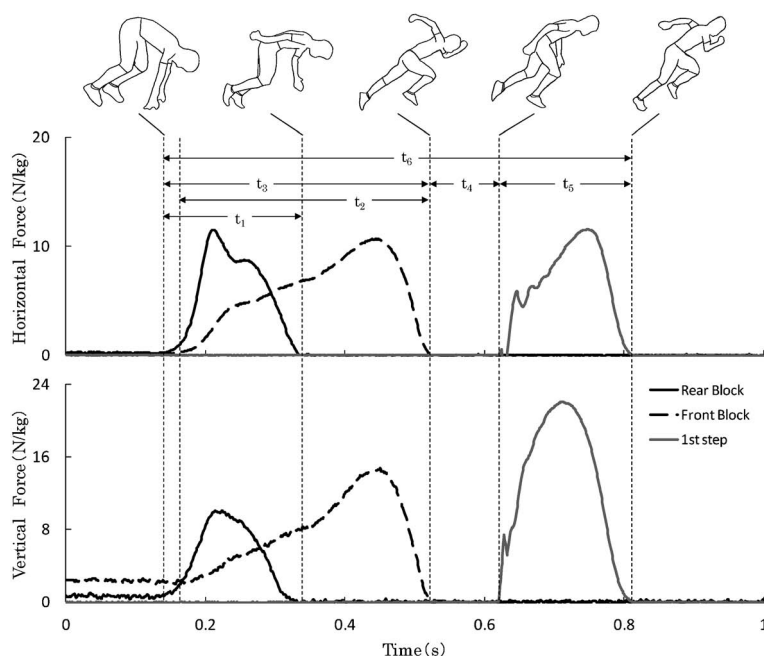


図2 本研究における時間に関する分析項目の定義

(t_1 : 後ブロック時間, t_2 : 前ブロック時間, t_3 : ブロッククリアランスタイム, t_4 : 滞空時間, t_5 : 第1歩目の接地時間, t_6 : 第1歩目離地までの時間)

回った時点をブロックに力加えられ始めた時点とした。また、ブロックに力加えられ始めた時点から足がブロックを離地するまでの時間を前後のブロック別にそれぞれ求め、ブロックに力加えられた時間とした（以下、「後ブロック時間： t_1 」および「前ブロック時間： t_2 」と略す、図2参照）。また、前後どちらかのブロックに力加えられ始めた時点から前足が前ブロックを離地するまでのブロッククリアランス全体に要した時間（以下、「ブロッククリアランスタイム： t_3 」と略す）も求めた。なお、これらの分析項目は Čoh et al. (1998) や Fortier et al. (2005) の報告を参考に算出した。さらに、第1歩目については、第1歩目を接地してから離地するまでの時間を求めた（以下、「第1歩目の接地時間： t_5 」と略す）。

③ 滞空時間 (s)

ブロッククリアランス（前ブロックを離地）してから、第1歩目を接地するまでに要した時間を滞空時間： t_4 として求めた。

④ 第1歩目を離地するまでの時間 (s)

前後どちらかのブロックに力加えられ始めてから、第1歩目を離地するまでの時間を求めた（以下、「第1歩目離地までの時間： t_6 」と略す）。

⑤ 平均力 (N/kg)

ブロッククリアランス中に加えられた力積①を参照）と力を加えた時間②を参照）を用いて、ブロッククリアランス中に加えられた力の平均値を平均力（以下、「後ブロック平均力」、「前ブロック平均力」および「スターティングブロック平均力」と略す）として算出した。

⑥ 前後のブロック配置 (cm)

スタートラインから前後のブロック位置までの距離（以下、「前距離」および「後距離」と略す）と前後のブロックの間隔（以下、「ブロック間距離」と略す）をそれぞれ実測した。

2) 統計処理

各試技の分析により得られた各データは、10試技分を加算平均したものを被験者の代表値とした。各分析項目間の関係について、それぞれピアソンの積率相関係数を用いて検討し、有意水準を

5%未満とした。また、各被験者の代表値を用いた平均値の比較には、対応のあるt検定を用いて、有意水準5%で検定を行った。

Ⅲ. 結 果

表1に、ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分と鉛直成分の平均値と標準偏差を示す。スターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) と鉛直成分 (I_{Tv}) との間には有意な差が認められ、水平成分 (I_{Th}) の方が有意に大きい値を示していた ($p < 0.01$)。また、後ブロックおよび前ブロックへの力積においても、水平成分 (I_{Rh} と I_{Fh}) の方が鉛直成分 (I_{Rv} と I_{Fv}) に比べて、それぞれ有意に大きい値を示していた ($p < 0.01$)。

表2に、ブロッククリアランス中に前後のブロックに加えられた力積の水平成分の平均値と標準偏差、最大値および最小値を示す。なお、最大値および最小値は、対象としたそれぞれの被験者ごとの値である。後ブロックへの力積 (I_{Rh}) と前ブロックへの力積 (I_{Fh}) との間には有意な差

表1 ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分および鉛直成分の比較

	力積 (Ns/kg)	
	水平成分	鉛直成分
スターティングブロック	$3.04 \pm 0.14^{**}$	2.68 ± 0.11
後ブロック	$0.92 \pm 0.24^{**}$	0.69 ± 0.20
前ブロック	$2.13 \pm 0.21^{**}$	1.99 ± 0.21

水平>鉛直, $^{**}p < 0.01$

表2 ブロッククリアランス中に前後のブロックに加えられた力積の水平成分の比較

	力積 (Ns/kg)	
	後ブロック (I_{Rh})	前ブロック (I_{Fh})
平均値 (n=19)	0.92 ± 0.24	$2.13 \pm 0.21^{**}$
最大値 (n=19)	1.34	2.63
最小値 (n=19)	0.38	1.78

後ブロック<前ブロック, $^{**}p < 0.01$

が認められ ($p < 0.01$), 前ブロックへの力積 (I_{Fh}) の方が有意に大きい値を示していた. また, 最大値と最小値ともに前ブロックの方が後ブロックよりも加えられた力積は大きかった. さらに, 後ブロックへの力積の最大値は, 前ブロックへの力積の最小値を上回ることにはなかった.

図3に, ブロッククリアランス中に加えられた各水平成分力積の関係を示す. 後ブロックへの力積の水平成分 (I_{Rh}) とスターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) との間には, 有意な正の相関関係 ($r = 0.473$, $p < 0.05$) が認めら

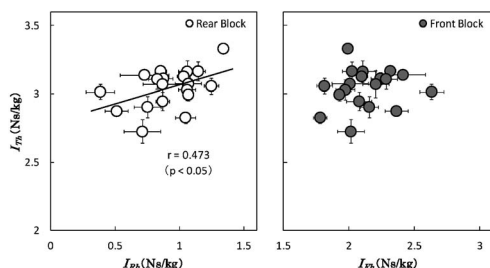


図3 ブロッククリアランス中に加えられた各水平成分力積の関係

れた. しかし, 前ブロックへの力積の水平成分 (I_{Fh}) とスターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) との間には, 有意な相関関係は認められなかった.

ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロッククリアランス中に力が加えられた時間との相関係数を表3に示す. 後ブロックへの力積の水平成分 (I_{Rh}) と後ブロック時間 (t_1) との間には有意な正の相関関係が認められた ($r = 0.569$, $p < 0.05$). また, スターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) と後ブロック時間 (t_1) およびブロッククリアランスタイム (t_3) との間にも有意な正の相関関係が認められた (後ブロック時間: $r = 0.467$, $p < 0.05$; ブロッククリアランスタイム: $r = 0.497$, $p < 0.05$). さらに, 有意な相関関係ではなかったものの, スターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) と前ブロック時間 (t_2) との間には有意となる傾向 (力積: $r = 0.448$, $p = 0.055$) がみられた. その他の項目間の関係については, いずれも有意な相関関係は認められなかった.

ブロッククリアランス中に加えられた力積の水

表3 ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロッククリアランス中に力が加えられた時間との相関係数

加えられた力積の水平成分	後ブロック時間 (t_1)	前ブロック時間 (t_2)	ブロッククリアランスタイム (t_3)
スターティングブロック (I_{Th})	0.467*	0.448†	0.497*
後ブロック (I_{Rh})	0.569*	0.111 ^{n.s.}	0.057 ^{n.s.}
前ブロック (I_{Fh})	-0.326 ^{n.s.}	0.176 ^{n.s.}	0.269 ^{n.s.}

* $p < 0.05$, † $p = 0.055$, n.s.: no significant

表4 ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロッククリアランス中の平均力との相関係数

加えられた力積の水平成分	後ブロック平均力	前ブロック平均力	スターティングブロック平均力
スターティングブロック (I_{Th})	0.267 ^{n.s.}	-0.237 ^{n.s.}	0.005 ^{n.s.}
後ブロック (I_{Rh})	0.819**	-0.708**	0.199 ^{n.s.}
前ブロック (I_{Fh})	-0.742**	0.637**	-0.220 ^{n.s.}

** $p < 0.01$, n.s.: no significant

表5 ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロック配置の相関係数

加えられた力積の水平成分	ブロック間距離	前距離	後距離
スターティングブロック (I_{Th})	0.077 ^{n.s.}	-0.285 ^{n.s.}	-0.125 ^{n.s.}
後ブロック (I_{Rh})	-0.095 ^{n.s.}	-0.273 ^{n.s.}	-0.329 ^{n.s.}
前ブロック (I_{Fh})	0.158 ^{n.s.}	0.116 ^{n.s.}	0.286 ^{n.s.}

n.s.: no significant

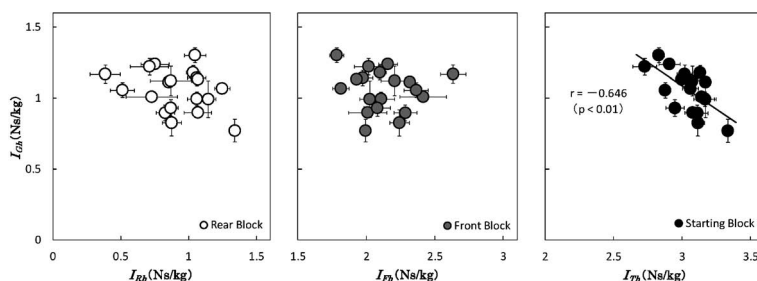


図4 ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分と第1歩目の力積の水平成分の関係

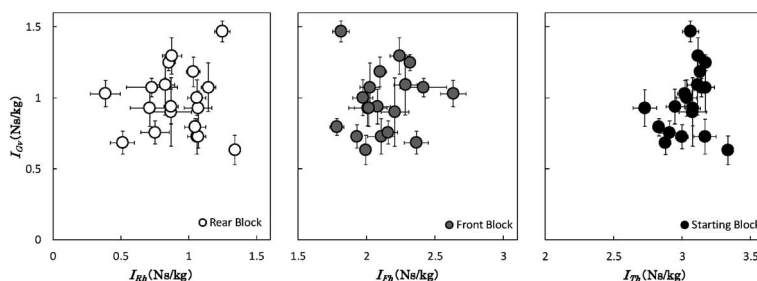


図5 ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分と第1歩目の力積の鉛直成分の関係

平成分とブロッククリアランス中の平均力との相関係数を表4に示す。後ブロックへの力積の水平成分 (I_{Rh}) と後ブロック平均力および前ブロック平均力との間に有意な相関関係が認められた (後ブロック平均力: $r=0.819$, $p<0.01$; 前ブロック平均力: $r=-0.708$, $p<0.01$)。また、前ブロックへの力積の水平成分 (I_{Fh}) と後ブロック平均力および前ブロック平均力の間にもそれぞれ有意な相関関係が認められた (後ブロック平均力: $r=-0.742$, $p<0.01$; 前ブロック平均力: $r=0.637$, $p<0.01$)。一方、スターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) と後ブロック平

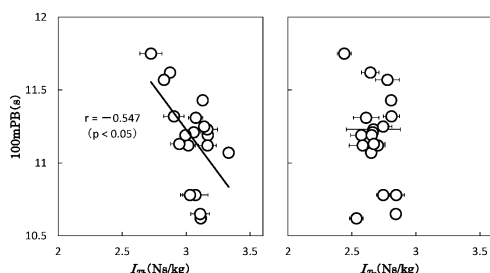
均力、前ブロック平均力、スターティングブロック平均力との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった。

ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロック配置の相関係数を表5に示す。後ブロック、前ブロックおよびスターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Rh} , I_{Fh} , I_{Th}) とブロック間距離、前距離および後距離との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった。

図4に、ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分と第1歩目の力積の水平成分との関係を示した。後ブロックおよび前ブロック

表6 ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロッククリアランス後の各時間との相関係数

加えられた力積の水平成分	滞空時間 (t_4)	第1歩目の接地時間 (t_5)	第1歩目離地までの時間 (t_6)
スターティングブロック (I_{Th})	-0.020 ^{n.s.}	0.049 ^{n.s.}	0.398 ^{n.s.}
後ブロック (I_{Rh})	0.560*	-0.261 ^{n.s.}	0.170 ^{n.s.}
前ブロック (I_{Fh})	-0.643**	0.326 ^{n.s.}	0.076 ^{n.s.}

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, n.s.: no significant図6 ブロッククリアランス中に加えられた力積と100 m 走自己記録の関係
(左：水平成分，右：鉛直成分)

への力積の水平成分 (I_{Rh} , I_{Fh}) と第1歩目の力積の水平成分 (I_{Gh}) との間には有意な相関関係は認められなかったが、スターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) と第1歩目の力積の水平成分 (I_{Gh}) との間には有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.646$, $p < 0.01$)。

図5に、ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分と第1歩目の力積の鉛直成分との関係を示す。後ブロック、前ブロックおよびスターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Rh} , I_{Fh} , I_{Th}) と第1歩目の力積の鉛直成分 (I_{Gv}) との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった。

ブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロッククリアランス後の各時間との相関係数を表6に示す。後ブロックおよび前ブロックへの力積の水平成分 (I_{Rh} , I_{Fh}) と滞空時間 (t_4) との間には、後ブロックでは正の、前ブロックでは負の有意な相関関係が認められた (後ブ

ロック: $r = 0.560$, $p < 0.05$; 前ブロック: $r = -0.643$, $p < 0.01$)。その他の項目間の関係については、いずれも有意な相関関係は認められなかった。

図6に、ブロッククリアランス中に加えられた力積と100 m 走自己記録の関係を示す。スターティングブロックへの力積の水平成分 (I_{Th}) と100 m 走自己記録の間には有意な相関関係が認められた ($r = -0.547$, $p < 0.05$)。一方、スターティングブロックへの力積の鉛直成分 (I_{Tv}) と100 m 走自己記録の間には有意な相関関係は認められなかった。

Ⅳ. 考 察

1. スターティングブロックへの力発揮成分

表1より、スターティングブロックへの力積の水平成分は鉛直成分よりも有意に大きかった。これは、後ブロックおよび前ブロックでも同様の結果であった。Baumann (1976) は、短距離走スタートにおいて、良いスタートは水平方向への力発揮によって特徴づけられると述べている。野原ほか (1977) も、ブロックに加えられた力の水平成分がスタートの飛び出しに大きく影響するものと捉えている。Coppinolle et al. (1990) や Čoh et al. (1998) の先行研究でも、ブロックに加えられた力の水平成分 (進行方向の成分) に着目して分析を行っている。本研究の結果をみても、ブロッククリアランスにおける力発揮では水平成分は鉛直成分よりも有意に大きかった。また、Coppinolle et al. (1990) はクリアランス時点での

疾走速度をスターティングブロックへ加えた力積により生じたものと捉えている。これらのことを踏まえると、ブロッククリアランスにおける力発揮は水平成分の力積によって特徴づけられるものと考えられる。

2. スターティングブロックに加えられた力積とブロッククリアランスの関係

表2より、いずれの選手においても、前ブロックへの力積の水平成分は、後ブロックへの力積の水平成分より大きかった。Guissard and Duchateau (1990)の報告でも、スターティングブロックへの力積に占める割合は前ブロックの方が高かったことを報告している。本研究の結果からも、スターティングブロックへの力積の大きさに対する割合は前ブロックの方が高いといえる。また、スターティングブロックへの力積は、クリアランス速度の大きさにほぼ直結する (Copenolle et al., 1990)と言われている。Kistler (1934)は、スタート時の前後のブロックへの力発揮の配分から、スタート時の推進力の大部分は前脚によるものであったと報告し、Henry (1952)も、クリアランス速度には前脚の方がより貢献するとしている。しかし、前ブロックへの力積の水平成分とスターティングブロックへの力積の水平成分との間には、有意な相関関係が認められなかった (図3)。一方、後ブロックでは、スターティングブロックへの力積の水平成分との間に有意な相関関係が認められた ($r=0.473$, $p<0.05$)。スターティングブロックへの力積の大きさに対する割合は前ブロックの方が高いものの、後ブロックへの力積の方が、スターティングブロックへの力積の大きさに影響していた。このような関係がみられた背景には、ブロッククリアランス時に前後のブロックをどのように用いるかというクリアランス技法が関係しているものと考えられる。

クラウチングスタートにおけるブロッククリアランス時の力発揮に関する技術指導では、力を加える時間が長い前ブロックへの力発揮が特に重要である (エッカー, 1979)と言われている。一方、後ブロックについては、号砲とともにブロッ

クを押す方がよい (シュモリンスキー, 1982; 遠藤, 1980)とする見解の一方で、ほとんど押さずに後足を素早く前方に引き付ける (湯浅, 1976; エッカー, 1979; Mach, 1985)方がよいという見解もあり、指導書によってその見解は異なっている。このように異なる見解がみられることについて、Harland and Steele (1997)は、「Set」の構えから疾走動作に早く移るためには、できる限り早く後足を前方へ引き上げなければならず、その際に後ブロックを押した反作用で足を引き上げる方法と、後ブロックを押さずに後足を引きつけることで足を引き上げる方法があるとしている。後ブロックのクリアランス技法に関しては、西内 (1979)は、短距離走のスタートでは多くの選手が後ブロックを強く蹴る方法をとっていると述べているが、他方で、片尾 (1973)は、スタートの際に短距離選手は出発動作と前足に意識を集中している傾向があることを報告しており、後ブロックを強く蹴ることがない選手もいる可能性を示唆している。後ブロックを押す、あるいはほとんど押さずに後足を素早く前方に引き付けるといった2つの技法について、それらを加えられた力積の大小として捉えると、本研究の被験者の後ブロックのクリアランスは、2種類の技法に明確に分かれるものではなく、被験者によってクリアランスが様々であったと考えられる。これらのことで、後ブロックへの力積の大きさの大小が被験者によって異なり、スターティングブロックへの力積の大きさの大小に影響したものと考えられる。

また、表3よりスターティングブロックへの力積の水平成分は後ブロック時間と有意な正の相関関係 ($r=0.467$, $p<0.05$)であった。Guissard and Duchateau (1990)は、彼らの研究で対象とした選手達でのスターティングブロックに加えられた力積の水平成分が、Baumann (1976)の報告した値に比べて低かったのは、Baumann (1976)が対象とした選手達の方が後ブロックに力を加える時間が長かったことによるものであると述べている。これらのことを踏まえると、スターティングブロックへの力積の大小は、後プロ

ックを押す時間の長さによって影響を受けるものと考えられる。さらに、スターティングブロックへの力積の水平成分は、ブロッククリアランスタイムとも有意な正の相関関係 ($r=0.497$, $p<0.05$) があり、前ブロック時間とも有意となる傾向 ($r=0.448$, $p=0.055$) を示した。また、表4より、スターティングブロックへの力積の水平成分は、前後のブロックおよびスターティングブロックの平均力のいずれとも有意な相関関係が認められなかった。したがって、ブロッククリアランスにおけるスターティングブロックへの力積の大きさの大小は、スターティングブロックに加えられた力の大小よりも力を加える時間の長さにより影響を受けるものであると考えられる。

3. スターティングブロックに加えられた力積とSet時のブロック配置の関係

短距離競走の発走では、選手は静止した状態から号砲とともにブロックへと力を加え、クリアランスを行うことになる。したがって、ブロックへの力発揮には、ブロック配置が少なからず関係するものと考えられる。しかし、スターティングブロックに加えられた力積の水平成分とブロック配置の間には、有意な相関関係は認められなかった(表5)。ブロックへの力発揮とブロック配置の関係に関する研究(Kistler, 1934; Henry, 1952; 野原ほか, 1977)によると、ブロック配置によってはブロックへの力発揮が変わることが報告されている。このことについては、先行研究ではブロック配置をバンチ、ミディアム、エロンゲータッドといったように、配置を数種類に分類した上でそれらの間で比較検討しているものが多い。一方、本研究では、スターティングブロックに加えられた力積の大きさをを用いてブロック配置との関係を検討しており、先行研究と本研究では検討方法が異なっている。

また、前後のブロック配置の仕方により、Set時の構えの姿勢はおおよそ決まるといえるが、スタートラインに手をついた時の腕の角度(Schot and Knutzen, 1992)や各ブロックへの荷重配分によって、同じブロック配置でも構えの姿勢は異

なことが考えられる。このことについて、一川ほか(2006)は、スターティングブロックの配置は選手自身の構えやすさに任せて設定されている傾向が強いことを報告している。本研究で対象とした被験者のブロック間距離の設定は20 cm前後が比較的多く、表5の結果と合わせて考えると、選手によって前後のブロックと身体との相対的な位置関係をそれぞれに調整し、個々の選手にとってブロックに力を加えやすい姿勢を取っていたものと推察される。その結果、ブロッククリアランスにおいて加えられる力積とブロック配置との間に相関関係がみられなかったものと考えられる。

4. スターティングブロックに加えられた力積とクリアランス後の力発揮の関係

図4より、スターティングブロックへの力積の水平成分と第1歩目の力積の水平成分の間には有意な負の相関関係 ($r=-0.646$, $p<0.01$) が認められた。しかし、第1歩目の力積の鉛直成分との間には有意な相関関係は認められなかった(図5)。また、表6よりブロッククリアランス中に加えられた力積の水平成分とブロッククリアランス後の各時間との間には、後ブロックおよび前ブロックへの力積の水平成分と滞空時間(後ブロック: $r=0.560$, $p<0.05$; 前ブロック $r=-0.643$, $p<0.05$) との間に有意な相関関係が認められたのみで、第1歩目の接地時間および第1歩目離地までの時間にはいずれも有意な相関関係は認められなかった。これらの結果から、ブロッククリアランス中に加えられた力積の大きさは、第1歩目を接地するまでとは関係するものの、第1歩目の接地以降には大きく関係しないと考えられる。しかし、スターティングブロックへの力積に限ってみると、第1歩目の力積の水平成分と有意な負の相関関係が認められており、ブロッククリアランス中に加えられた力積がクリアランス後と全く関係しないとは言いきれない。

スターティングブロックへの力積の水平成分と第1歩目の力積の水平成分との間に負の相関関係がみられたことにより、スターティングブロッ

クへの力積の水平成分と、第1歩目の力積の水平成分はどちらも大きくなる関係ではなかったことになる。中野ほか(1993)は、両足のブロックが揃ったジャンプスタートに関する研究を行い、ブロッククリアランス時の速度は低いものの、第1歩目から大きく加速ができるスタートであることを明らかにしている。このことは、「ジャンプスタート」がブロッククリアランスでの速度獲得を大きくするものではなく、ブロッククリアランス後の第1歩目での速度獲得に重点を置いたスタートとなっていたことを示すものであると考えられる。本研究では両足のブロックが揃ったブロック配置であった者はおらず、中野ほか(1993)がいう「ジャンプスタート」を行っていた者はいなかった。そのため、中野ほか(1993)の報告と本研究の結果は単純に比較できないが、クリアランス時点での疾走速度をスターティングブロックへ加えた力積により生じたものと捉える(Coppenolle et al., 1990)と、スターティングブロックへの力積の水平成分と第1歩目の力積の水平成分との間に負の相関関係がみられたことは、ブロッククリアランスで大きく速度を獲得して出発するか、ブロッククリアランス後の第1歩目で獲得する速度を高めるか、その割合が被験者によって異なっていたことを示す結果であったと考えられる。また、スターティングブロックへの力積の大きさは時間の長さによるものであったこと(表3)から、ブロックから離れるまでの時間が長くなっても、ブロッククリアランスでの速度獲得を大きくするか、早くブロックから離れて、第1歩目での加速を大きくするか、というスタートでの加速方略が影響していたものと考えられる。

このように、スターティングブロックへの力積の水平成分と第1歩目の力積の水平成分の関係から、ブロッククリアランスでの力発揮と第1歩目での力発揮は関係すると考えられるが、一方で、第1歩目の力積の鉛直成分には有意な相関関係が認められなかった(図4, 図5)。このことには、個々の選手の第1歩目の接地スキルが関係するものと推察される。藤光・青山(2009)

によると、ブロッククリアランス後の第1歩目では足関節の角度変化における変動係数が大きく、動作の個人差が大きかったことが報告されている。さらに、この結果の背景については、キック動作の技術的レベルが個人差として現れたものとしている。また、金子・佐藤(1999)によると、疾走動作接地中の地面反力の鉛直成分について、足関節で発揮された関節トルクの貢献が他の関節に比べて大きいという。つまり、足関節での動作は加えられる力の鉛直成分に影響するものと考えられる。これらの報告を踏まえると、第1歩目の接地中において、主に足関節の動作の技術的レベルが選手によって異なったことにより、第1歩目に加えられる力の鉛直成分に影響を及ぼしたことが考えられる。その結果、第1歩目の力積の水平成分と鉛直成分では、ブロッククリアランス中に加えられた力積との相関関係の有無がそれぞれで異なったものと考えられる。

以上のことから、ブロッククリアランスにおける力発揮の大きさは、ブロッククリアランス後の第1歩目の力発揮と関係し、中でも水平速度の獲得に影響すると考えられる。したがって、第1歩目を含めたスタートでの加速方略に合わせて、ブロッククリアランスでの力発揮を考える必要があるといえる。

5. スターティングブロックに加えられた力積とパフォーマンスレベルの関係

図6より、スターティングブロックへの力積の水平成分と100m走自己記録との間には有意な相関関係が認められた($r = -0.547$, $p < 0.05$)。しかし、図6をみると、スターティングブロックへの力積の水平成分が最も大きい者が、最もパフォーマンスレベルが高いというわけではなかった。このことには第1歩目での力発揮が関係していると考えられる。図4より、スターティングブロックに加えられる力積が大きくなると、第1歩目での水平方向への力積は小さかった($r = -0.646$, $p < 0.01$)。このことについては、前節でも述べたように、ブロッククリアランスで大きく速度を獲得して出発するか、ブロッククリアラ

ンス後の第1歩目で獲得する速度を高めるか、選手自身の加速方略に合わせてスタートしていることが影響しているものと考えられる。したがって、パフォーマンスレベルの高い者は、スターティングブロックへの力積を大きくして、ブロッククリアランスで獲得する速度を高めながらも、続く第1歩目での力発揮も含めた「スタート全体としてのパフォーマンス」が高まるようにスターティングブロックへの力発揮を行って、スタートしているものと考えられる。

V. ま と め

本研究では、短距離走スタートにおいてスターティングブロックに加えられた力積をもとに、スターティングブロックへの力発揮の大きさとブロッククリアランスおよびその後の第1歩目との関係について検討を行った。

その結果、以下のことが明らかになった。

1) スターティングブロックへの力積の大きさから、ブロッククリアランスにおける力発揮は水平成分（進行方向の成分）の力積によって特徴づけられるものと考えられた。

2) スターティングブロックへの力積の大きさは、前ブロックへの力積の方が高い割合を占めるものの、その大きさの大小に影響するのは後ブロックへの力積であった。

3) スターティングブロックへの力積の大きさは、スターティングブロックに加えられた力の大小よりも力を加える時間の長さにより影響を受けるものであると考えられた。

4) スターティングブロックへの力積の大きさとブロック配置は大きく関係せず、選手と前後のブロックとの相対的な位置関係が影響しているものと考えられた。

5) スターティングブロックへの力積の大きさは、ブロッククリアランス後の第1歩目での水平方向への力発揮と関係していた。したがって、第1歩目を含めたスタートでの加速方略に合わせて、ブロッククリアランスでの力発揮を考える必要があると考えられた。

文 献

- Baumann, W. (1976) Kinematic and dynamic characteristics of the sprint start. In: Komi, P.V. (Ed.), *Biomechanics V-B*. University Park Press: Baltimore, MD: pp. 194-199.
- Bender, W.R.G. (1934) Factors contributing to speed in the start of a race and characteristics of trained sprinters: A summary of experimental investigations. *Research Quarterly*, 5: 72-78.
- Coppenolle, H., Delecluse, C., Goris, M., Diels, R., and Kraayenhof, H. (1990) An evaluation of the starting action of world class female sprinters. *Track Technique*, 90: 3581-3582.
- Čoh, M., Jošt, B., Škof, B., Tomažin, K., and Dolenec, A. (1998) Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. *Gymnica*, 28: 33-42.
- エッカー：佐々木秀幸・井街 悠訳 (1979) 運動力学から見た陸上競技の種目別最新技術。ベースボールマガジン社：東京，pp. 27-41.
- 遠藤辰雄 (1980) 新体育学大系 第49巻：コーチ学 陸上競技編。逍遙書院：東京，pp. 30-37.
- Fortier, S., Basset, F.A., Mbourou, G.A., Favérial, J., and Teasdale, N. (2005) Starting block performance in sprinters: A statistical method for identifying discriminative parameters of the performance and an analysis of the effect of providing feedback over a 6-week period. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4: 134-143.
- 藤光謙司・青山清英 (2009) スタートダッシュにおける疾走動作の変動特性に関する研究。陸上競技研究，76: 52-55.
- Gambetta, V., Winckler, G., Rogers, J., Oroggen, J., Seagrave, L., and Jolly, S. (1989) Sprint and Relays. In: *Athletics Congress*, Gambetta, V. (Eds.) The Athletics Congress's Track and Field Coaching Manual. Leisure Press: Champaign, pp. 58-60.
- Guissard, N. and Duchateau, J. (1990) Electromyography of the sprint start. *Journal of Human Movement Studies*, 18: 97-106.
- Harland, M.J. and Steele, J.R. (1997) Biomechanics of the sprint start. *Sports Medicine*, 23(1): 11-20.
- Henry, F.M. (1952) Force-time characteristics of the sprint start. *Research Quarterly*, 23(3): 301-318.
- 一川大輔・安井年文・高島瑠依 (2006) スターティングブロック設置方法に関する基礎的研究。陸上競技

- 研究, 67: 13-21.
- 金子今朝秋・小林一敏・勝亦紘一 (1976) 短距離スタートにおけるキックと加速度. 日本体育学会大会号, 27: 315.
- 金子靖仙・佐藤文宣 (1999) 走動作中の関節トルクの地面反力への変換. 第14回日本バイオメカニクス学会大会論文集: 208-212.
- 片尾周造 (1973) 走運動に関する研究 (技術指導面からみたスタート動作について). 横浜市立大学紀要体力医学編, 2(1): 1-11.
- Kistler, J.W. (1934) A study of the distribution of the force exerted upon the blocks in starting from various starting positions. *Research Quarterly Supplement*, 5: 27-32.
- 小林 海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯 繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上泰雄 (2009) スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究. 早稲田大学スポーツ科学研究, 6: 119-130.
- 小林一敏・勝亦紘一・金子今朝秋・菅原秀二 (1975) スターティング・ブロックのキネシオロジー的研究. 順天堂大学保健体育紀要, 18: 17-23.
- Mach, G. (1985) The individual sprint events. In: Payne, H. (Ed.) *Athletes in action: the official International Amateur Athletic Federation book on track and field techniques*. Pelham Book: London, pp. 12-34.
- 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(11): 756-764.
- Mero, A., Luhtanen, P., and Komi, P.V. (1983) A biomechanical study of the sprint start. *Scandinavian Journal of sports sciences*, 5(1): 20-28.
- 中野正英・尾縣 貢・阪口妙子・真野功太郎 (1993) ジャンプスタートの特徴に関する実験的研究. 陸上競技研究, 14: 22-29.
- 西内文夫 (1979) 陸上競技の技術 (短距離) に関する一考察. 体育研究, 13: 95-101.
- 野原弘嗣・花田 登・安里重則・山岡誠一 (1977) クラウチングスタートの研究. 京都教育大学紀要, 50-B: 36-49.
- Payne, A.H. and Blader, F.B. (1971) The mechanics of the sprint start. In: Vredenburg, J., Wartenweiler, J. (Eds.), *Biomechanics II. Medicine and Sport Vol. 6*. Karger: Basel: pp. 225-231.
- 佐久間和彦・小林一敏 (1980) : かかと浮きブロックとかかと着きブロックを用いた場合のスタート動作に関するバイオメカニクスの研究. 順天堂大学保健体育紀要, 23: 16-24.
- Schot, P.K. and Knutzen, K.M. (1992) A biomechanical analysis of four sprint start positions. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 63(2): 137-147.
- シュモリンスキー編: 成田十次郎・関岡康雄訳 (1982) ドイツ民主共和国の陸上競技教程. ベースボールマガジン社: 東京, pp. 163-169.
- 篠原康男・前田正登 (2010) 短距離走におけるスターティングブロックに加わる力の測定. 陸上競技研究, 80: 44-50.
- 袖山 紘・浅川正一・金原 勇・小佐文雄 (1969) クラウチングスタートの構えに関する基礎的研究. 体育学研究, 13(5): 168.
- Tellez, T. and Doolittle, D. (1984) Sprinting from start to finish. *Track technique*, 88: 2802-2805.
- 戸倉広昌・佐藤 徹 (2009) 運動指導における運動感覚の言語表現と動作共鳴—陸上競技のクラウチングスタートについて—. 北海道教育大学紀要 (教育科学編), 60(1): 203-213.
- 山根文隆・後藤幸弘・辻野 昭・梅野圭史・藤田定彦・田中 譲 (1986) クラウチングスタート法の適時性に関する基礎的研究—クラウチングスタート法による効果の年齢差—. 第8回日本バイオメカニクス学会大会論集: 14-20.
- 湯浅徹平 (1976) 短距離: 陸上競技入門シリーズ①. ベースボールマガジン社: 東京, pp. 40-51.

(平成25年2月15日受付)
(平成25年9月2日受理)