



短距離走におけるスターティングブロックの配置と 加えられる力の関係

篠原, 康男
前田, 正登

(Citation)

スポーツ産業学研究, 21(2):217-228

(Issue Date)

2011-09

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001664>



事例報告

短距離走におけるスターティングブロックの配置と加えられる力の関係[†]

篠原 康 男* 前田 正 登**

The Relation between Block Spacing and Forces Applied to Starting Blocks by a Sprinter[†]

Yasuo SHINOHARA* and Masato MAEDA**

Abstract

Sprinters adjust the arrangement of their starting blocks prior to a race, but there is no clear standard for arranging the blocks. It is unclear at present how the arrangement changes the forces applied to the blocks and consequently affects performance coming off them. The purpose of this study was to investigate the effects of the arrangement of the starting blocks on the forces applied to them. Forces applied by a sprinter to the front and the rear starting block as well as to the ground on the first step were measured using three force platforms for 18 different arrangements of block spacing. The results indicated that the amount of the impulse applied in starting posture to both the front and rear starting blocks changed little between the 18 arrangements. Likewise, no substantial change occurred in the forces applied to the ground on the first step. However, as the distance between the front and rear blocks changed, the ratio of the impulse applied to the front and rear blocks changed: as the block spacing was increased, the impulse applied to the front block during starting posture decreased while that at the rear block increased. In addition, changing the distance from the starting line to the front block influenced the relation between the block spacing distance and the forces applied to the two starting blocks.

Key words : Sprint Start, Block Spacing, Starting Blocks, Force Applied

1. 緒 言

陸上競技における短距離走のスタートダッシュでは、身体を静止した状態から身体を加速させるだけでなく、号砲後少しでも早くブロックから離地することが求められる。また、ブロックから離地後の第1歩目の接地をどのように

うか、そのためにどのようにブロックから離地するかといったこともスタートダッシュでは重要である。したがって、選手は自身の能力や特性、技術を踏まえた上で、自身が意図するスタート動作ができるように、レース前にスターティングブロックの配置調整を行っている。

スターティングブロックの配置は、前後のブ

[†]原稿受付 2011年2月11日 原稿受諾 2011年3月24日

*神戸大学大学院人間発達環境学研究科 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11

**神戸大学 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11

*Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University, 3-11, Tsurukabuto, Nada-ku, Kobe, Hyogo, Japan (657-8501)

**Kobe University, 3-11, Tsurukabuto, Nada-ku, Kobe, Hyogo, Japan (657-8501)

ロック間の距離を基にパンチスタート (30cm 以下), ミディアムスタート (30–50cm), 及びエロンゲータッドスタート (50cm 以上) のおおよそ3つに分けられる¹⁾が, 選手はこれら3種類のブロック配置を参考にしつつ, 自身が意図したスタート動作を行えるように, 日々の練習の中でブロック配置の試行錯誤を行うことになる。

スターティングブロックの配置とスタートについては, ブロック配置とスタート後のスピードの関係²⁾やブロック配置と構えの姿勢との関係³⁾に着目した研究などが古くからなされている。近年では, 国内トップクラスの選手も含め, 幅広いレベルの選手 200 名を対象としたスターティングブロックの設置方法に関する実態調査の結果⁴⁾も報告されている。また力学的観点の研究として, Payne and Blader⁵⁾はブロッククリアランス時における力発揮を報告しており, 篠原と前田⁶⁾はスターティングブロックに加えられた力と第1歩目の地面反力との関係について報告している。一方, Fortier S., et al.⁷⁾は選手のレベルを上位群と下位群に分け, 選手がブロックに加えた力の比較及びスタート能力の改善に関して検討を行っている。しかし, スターティングブロックの配置と力発揮の関係については, Schot and Knutzen⁸⁾が前後のブロック間の距離を変えずにスタートラインから前ブロックまでの距離を変えて比較検討した報告や, Henry⁹⁾が前後のブロック間の距離のみを変え, ブロックスペーシングによってキック力の違いを検討した報告のように, スターティングブロックの配置と前後のブロックに加えられた力発揮及び1歩目の地面反力について, 詳細な検討をしているものはほとんど見当たらない。

一川ら⁴⁾の報告によると, 200 名を対象とした被験者のうち, 約8割の選手が設置方法は自分でみつけたと回答しており, 設置方法は選手自身の試行錯誤のうえ経験的に確立している実態も明らかになっている。したがって, スターティングブロックの配置の変化が, スタート

ダッシュにおけるブロッククリアランス時の力発揮及び第1歩目の地面反力にどのような影響を及ぼすのかを検討することは, 選手が意図するスタートに合ったブロック配置を設定する上で必要不可欠な検討事項である。

本研究では, スターティングブロックの配置を, スタートラインから前ブロックまでの距離と前後のブロック間の距離の2つを設定条件とし, これら2つの要因とブロッククリアランス時の力発揮の関係を明らかにするとともに, 第1歩目の地面反力にどのような影響を及ぼすのかについて検討するものである。

2. 方 法

2.1 被験者

被験者は, 10 年以上の陸上競技歴がある男子短距離選手1名 (身長: 159.8cm, 体重: 57.5kg, 100m の最高記録: 11 秒 43) で, 前ブロック側の脚は左であった。なお, 被験者には実験内容を十分に説明し, 同意を得た上で実験を実施した。

2.2 測定環境の設定

本研究では, スターティングブロックに加えられた力を測定するために, 左右それぞれのスターティングブロックの下にフォースプレート (TP803-5416-5KN, テック技販) を設置した (Fig. 1 の①と②)。これらのフォースプレートは, それぞれの上にボルトで完全に固定され

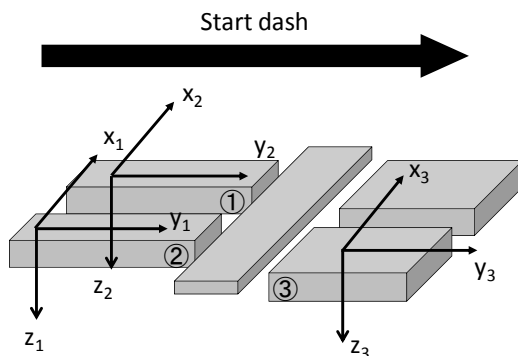


Fig. 1 各フォースプレートの軸設定

たブロックごと 3.5cm 間隔で前後に移動させることができ、実際のスターティングブロックと変わらない配置設定を行うことができる。なお Fig. 1 のように、後ブロックを取り付けたフォースプレートは F_{x_1} , F_{y_1} 及び F_{z_1} とし、前ブロックを取り付けたフォースプレートは F_{x_2} , F_{y_2} 及び F_{z_2} と定義した。

第 1 歩目についても、フォースプレート (9281C, Kistler) を用いて地面反力の測定を行った (Fig. 1 の③)。第 1 歩目の地面反力の測定に用いたフォースプレートは Fig. 1 のように、 F_{x_3} , F_{y_3} 及び F_{z_3} と定義した。

2. 3 実験方法

被験者にはフォースプレートの上に固定したスターティングブロック (スーパーⅢ, NISHI) を用いて、スタートダッシュを行わせた。なお、試技を行わせる際には、スパイクシューズの影響を除外するため、裸足で行わせた。その際に、被験者がスターティングブロックに加えた力と第 1 歩目の地面反力を測定した。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 1 kHz であった。スタートの合図には簡易発砲装置 (JESTAR, NISHI) を用い、フォースプレートからの出力を収録する外部トリガーとしても用いた。

本研究では、前後のブロックの配置を様々に変えて、スタートダッシュを行わせた。被験者が通常行っているスターティングブロックの配置 (Table 1 の B3 に相当) を基に、スタートラインから前足ブロックまでの距離 (以降、前ブロックまでの距離) を 7cm 刻みで 3 種類 (25cm, 32cm, 39cm)、前後のブロック間の距離を 7cm 刻みで 6 種類 (3.5cm, 10.5cm, 17.5cm, 24.5cm, 31.5cm, 38.5cm) とし、これらを組み合わせた計 18 パターンの配置 (Table 1) をランダムに設定してスタートダッシュを行わせた。試技回数は、1 パターンのブロック配置設定につき 7 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。

Table 1 各ブロック配置とその配置パターンでの身体重心位置

ブロックの 配置パターン	スタートラインから 前ブロックまでの 距離 (cm)	前後のブロック間 距離 (cm)	スタートラインから 身体重心位置までの 水平距離 (cm)
A1	25	3.5	8.1 ± 0.7
A2	25	10.5	9.0 ± 0.9
A3	25	17.5	10.9 ± 0.8
A4	25	24.5	10.2 ± 0.6
A5	25	31.5	13.3 ± 1.2
A6	25	38.5	14.7 ± 1.0
B1	32	3.5	10.7 ± 0.8
B2	32	10.5	11.2 ± 0.7
B3	32	17.5	12.9 ± 1.0
B4	32	24.5	14.2 ± 0.4
B5	32	31.5	15.0 ± 0.7
B6	32	38.5	17.2 ± 0.7
C1	39	3.5	13.7 ± 1.2
C2	39	10.5	13.9 ± 0.9
C3	39	17.5	15.9 ± 0.8
C4	39	24.5	17.3 ± 0.5
C5	39	31.5	19.2 ± 0.7
C6	39	38.5	22.3 ± 0.9

2. 4 分析項目

2.4.1 力学的変量

ブロッククリアランス時に前後のスターティングブロックに加えられる力は、主にブロックの進行方向と逆方向及び鉛直方向の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各方向の力 (F_{x_1} , F_{y_1} , F_{z_1} 及び F_{x_2} , F_{y_2} , F_{z_2}) から、 F_{y_1} と F_{z_1} の合ベクトル F_{yz_1} 及び F_{y_2} と F_{z_2} の合ベクトル F_{yz_2} を算出し、 F_{yz_1} の大きさ $|F_{yz_1}|$ 及び F_{yz_2} の大きさ $|F_{yz_2}|$ の時間変化を求めた。得られた $|F_{yz_1}|$ 及び $|F_{yz_2}|$ の時間変化から、各試技において、前後それぞれのブロックに加えられた力積、前後それぞれのブロックに力が増えられた時間を求めた。また、前後のブロックに加えられた y 方向の力積と z 方向の力積から求められる力積ベクトルの方向 (z 軸となす角度) を算出した。第 1 歩目の地面反力については、接地時を基準として、各方向の力波形 (F_{x_3} , F_{y_3} ,

Fz_3) から、力積と接地時間、及びスターティングタイム（号砲から第1歩目接地までの経過時間）を算出した。なお、力積については被験者の体重で除した値とした。

2.4.2 身体重心の位置

スターティングブロックの配置は、スタートラインから前ブロックまでの距離と前後のブロック間の距離によって決まる。この時、ブロック配置の変更によって、手を着く位置や前脚、後脚の位置も相対的に変化することになり、それに伴って身体重心位置が変化することが予想される。本研究では、スタートラインから前ブロックまでの距離や前後のブロック間の距離のほかに、静止時の鉛直方向の力 Fz_1 及び Fz_2 と被験者の体重から身体重心位置を求め、スタートラインから身体重心までの水平距離（以降、身体重心位置とする）や身体重心から各ブロックまでの水平距離を算出して、多様に変化させたブロック配置の設定を表す指標とした（Table 1）。

本研究では、各配置パターンにおける身体重心位置と各種測定値との関係をピアソンの積率相関係数を用いて検討した。この時、独立変数は各配置パターンにおける身体重心位置であり、従属変数を各種測定値とした。なお、統計分析における有意水準は5%未満とした。

3. 結 果

設定された各ブロック配置における身体重心及び各ブロックのスタートラインからの位置関係を Fig. 2 に示す。前後のブロック間の距離が大きくなるにしたがって、身体重心位置はスタートラインから離れていく傾向を示した。また、前ブロックまでの距離が大きくなると、前後のブロック間の距離が同じであっても、身体重心位置はスタートラインから離れる傾向であった。一方、身体重心と各ブロックの位置関係は、前ブロックをより後方に位置させると、両ブロックとも身体重心からは離れる傾向であった。また、前ブロックに対して後ブロックをさらに後方に位置させると、身体重心と前ブロックとの距離は小さくなり、後ブロックとの

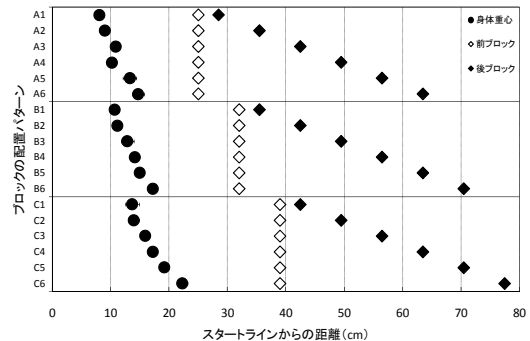


Fig. 2 各ブロック配置における身体重心及び各ブロックのスタートラインからの位置関係

距離は大きくなる傾向であった。

身体重心位置とブロックに加えられた力積の関係を Fig. 3a に示す。前後のブロックに加えられた力積の合計は、ブロック配置を変更しても全体としては大きく変わらなかった。また、前後それぞれのブロックに加えられた力積は大きさにばらつきがみられたが、全体として特定の傾向はみられなかった。これらを前ブロックまでの距離ごとにブロックの配置パターンとともに示したものが Fig. 3b 及び Fig. 3c である。Fig. 3b では、いずれの前ブロックまでの距離においても、身体重心位置との間に有意な相関関係は認められなかった。また、身体重心位置との関係は前ブロックまでの距離ごとで異なり、前ブロックまでの距離が 25cm の試技では、身体重心がスタートラインから離れるにしたがって力積は減少するものの減少し続けることはなかった。このような変化は前ブロックまでの距離が 32cm や 39cm の試技でも見られたが、前ブロックまでの距離が大きくなるにしたがって、その変化の割合は小さくなっていた。一方、Fig. 3c では、いずれの前ブロックまでの距離においても、身体重心位置との間に有意な相関関係は認められなかった。また、身体重心位置との関係は前ブロックまでの距離ごとで異なっていた。前ブロックまでの距離が 25cm の試技では、身体重心がスタートラインから離れるにしたがって増加するものの増加し続けることはなかった。このような変化は前ブロック

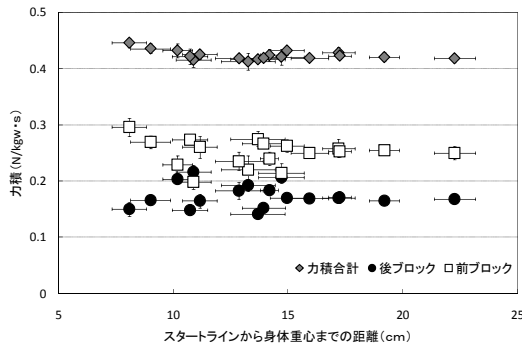


Fig. 3a スタートラインからの身体重心までの水平距離と各ブロックに加えられた力積の関係

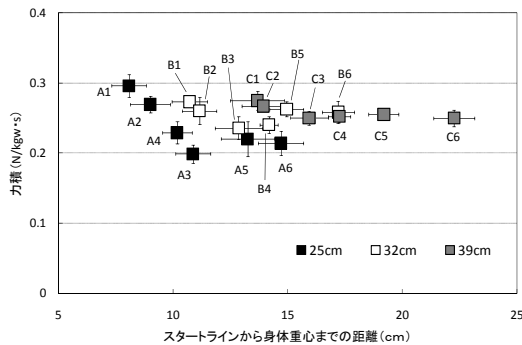


Fig. 3b スタートラインから身体重心までの水平距離と前ブロックに加えられた力積の関係

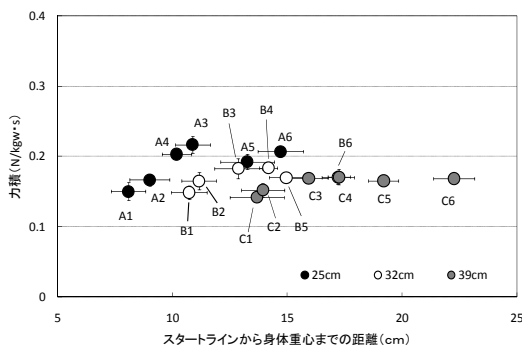


Fig. 3c スタートラインから身体重心までの水平距離と後ブロックに加えられた力積の関係

までの距離が 32cm や 39cm の試技でも見られたが、前ブロックまでの距離が大きくなるにしたがって、その変化の割合は小さくなっていった。

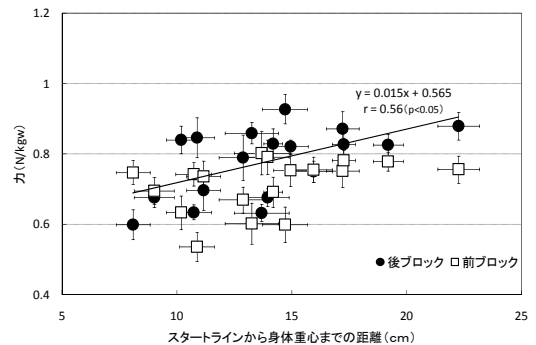


Fig. 4a スタートラインからの身体重心までの水平距離とブロッククリアランス時にブロックに加えられた力の平均値

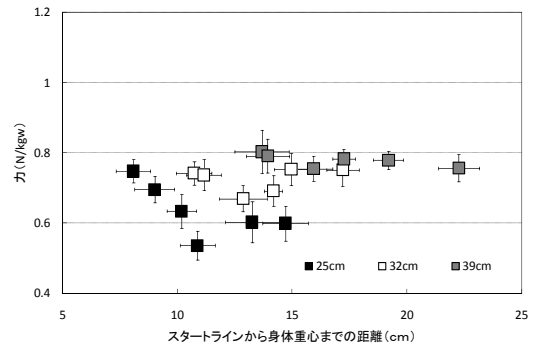


Fig. 4b スタートラインから身体重心までの水平距離とブロッククリアランス時に前ブロックに加えられた力の平均値

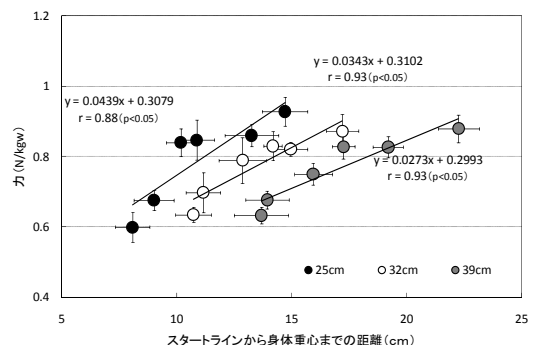


Fig. 4c スタートラインから身体重心までの水平距離とブロッククリアランス時に後ブロックに加えられた力の平均値

身体重心位置とブロックに加えられた力の平均を Fig. 4a に示す。全体的に、身体重心位置と後ブロックに加えられた力の平均の間には有

意な正の相関関係 ($r=0.56$, $p<0.05$) が認められたが、前ブロックには特定の傾向が認められず値にばらつきがみられた。また、Fig. 4b 及び Fig. 4c は身体重心位置とブロックに加えられた力の平均を前ブロックまでの距離ごとに示したものである。これらより、前ブロックでは身体重心位置と有意な相関関係が認められなかった (Fig. 4b) が、後ブロックでは身体重心位置と有意な正の相関関係がいずれの前ブロックまでの距離でも認められた (前ブロックまでの距離 25cm : $r=0.88$; 前ブロックまでの距離 32cm : $r=0.93$; 前ブロックまでの距離 39cm : $r=0.93$, $p<0.05$)。

身体重心位置と各ブロックに力を加えた時間の関係を Fig. 5a に示す。全体的な傾向として、それぞれの間にはいずれも有意な負の相関関係 (前ブロック : $r=-0.85$, 後ブロック : $r=-0.92$, $p<0.05$) が認められ、スタートラインから身体重心位置までの距離が大きくなるほど各ブロックに力を加えられた時間は短くなっていった。また、Fig. 5b 及び Fig. 5c に身体重心位置と各ブロックに力を加えた時間の関係を前ブロックまでの距離ごとに示す。前ブロックでは、前ブロックまでの距離が 39cm 以外で身体重心位置との間に有意な負の相関関係が認められ (前ブロックまでの距離 25cm : $r=-0.84$; 前ブロックまでの距離 32cm : $r=-0.82$, $p<0.05$)、前後のブロック間の距離が小さいときは比較的加える時間が長いという傾向であった。一方、後ブロックでは、いずれの前ブロックまでの距離においても、有意な負の相関関係が認められた (前ブロックまでの距離 25cm : $r=-0.83$; 前ブロックまでの距離 32cm : $r=-0.96$; 前ブロックまでの距離 39cm : $r=-0.94$, $p<0.05$)。

Fig. 6a に身体重心位置と各ブロックにおける力積ベクトルの方向の関係を示す。全体として、後ブロックにおいては、スタートラインから身体重心位置までの距離と力積ベクトルの方向の間には有意な正の相関関係が認められた ($r=0.89$, $p<0.05$) が、前ブロックでは特定の傾向はみられなかった。また、Fig. 6b 及び Fig. 6c

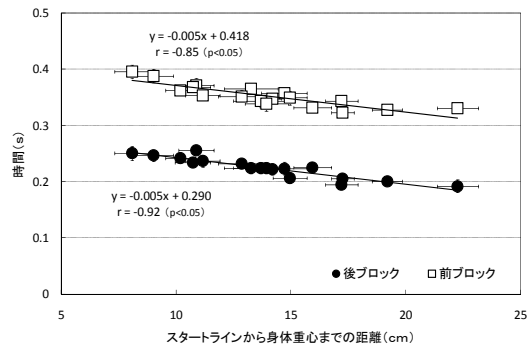


Fig. 5a スタートラインから身体重心までの水平距離と各ブロックに力を加えた時間の関係

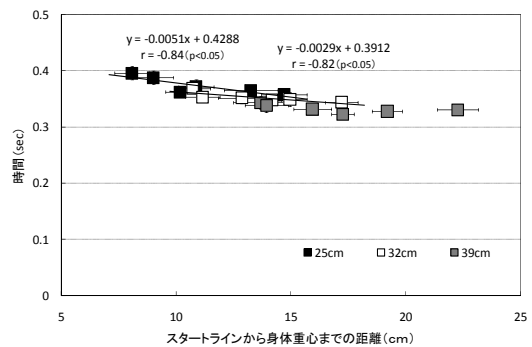


Fig. 5b スタートラインから身体重心までの水平距離と前ブロックに力を加えた時間の関係

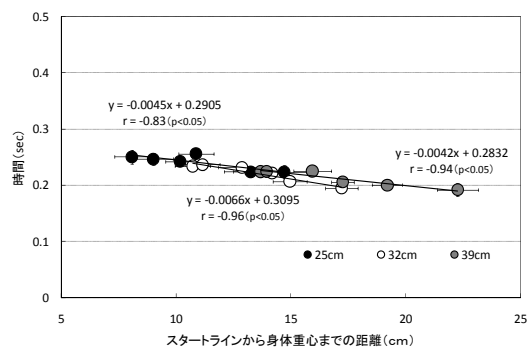


Fig. 5c スタートラインから身体重心までの水平距離と後ブロックに力を加えた時間の関係

に身体重心位置と各ブロックにおける力積ベクトルの方向の関係を前ブロックまでの距離ごとにそれぞれ示す。前ブロックでは、身体重心位

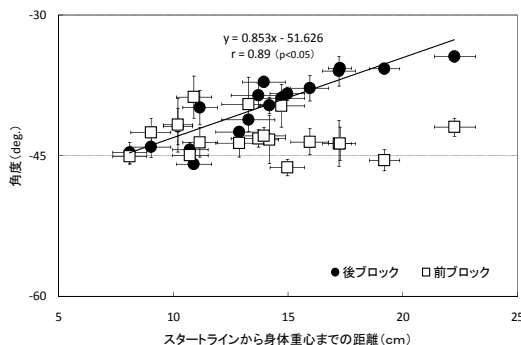


Fig. 6a スタートラインから身体重心までの水平距離と各ブロックにおける力積ベクトルの方向

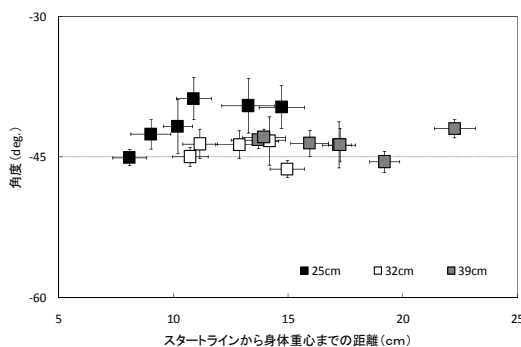


Fig. 6b スタートラインから身体重心までの水平距離と前ブロックにおける力積ベクトルの方向

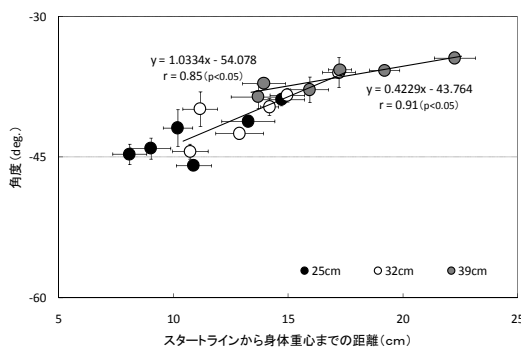


Fig. 6c スタートラインから身体重心までの水平距離と後ブロックにおける力積ベクトルの方向

置と有意な相関関係は認められなかった。しかし、前ブロックまでの距離が 25cm の時と、前ブロックまでの距離が 32cm 及び 39cm の時

では、値の変化が異なっていた。一方、後ブロックでは、前ブロックまでの距離が 32cm 及び 39cm の試技で、身体重心位置と力積ベクトルの方向との間に有意な正の相関関係が認められた（前ブロックまでの距離 32cm : $r = 0.85$; 前ブロックまでの距離 39cm : $r = 0.91$, $p = 0.05$ ）。また、前ブロックまでの距離が 25cm の試技についても、有意ではないものの、身体重心位置がスタートラインから離れるにしたがって 0 deg. (水平方向) に近づく傾向であった。

身体重心位置とスターティングタイムの関係を Fig. 7a に示す。両者の間には有意な負の相関関係が認められ ($r = -0.54$, $p < 0.05$)、スタートラインから身体重心位置までの距離が大きくなるほどスターティングタイムは短くなっていた。また、Fig. 7b に身体重心位置とスターティングタイムの関係を前ブロックまでの距離ごとに示す。Fig. 7a の全体的な傾向とは異なり、いずれの前ブロックまでの距離においても有意な相関関係は認められなかった。しかし、前ブロックまでの距離が大きくなるにしたがって、スターティングタイムは短くなる傾向であった。

身体重心位置と第 1 歩目の鉛直方向の力積の関係を Fig. 8a に、身体重心位置と第 1 歩目の水平方向の力積の関係を Fig. 8b に、前ブロックまでの距離ごとにそれぞれ示す。身体重心位置と鉛直方向の力積は、いずれの前ブロックまでの距離についても、有意な相関関係は認められなかったが、進行方向の力積との関係では、いずれの前ブロックまでの距離についても、有意な正の相関関係が認められた（前ブロックまでの距離 25cm : $r = 0.88$; 前ブロックまでの距離 32cm : $r = 0.88$; 前ブロックまでの距離 39cm : $r = 0.89$, $p < 0.05$ ）。

身体重心位置と第 1 歩目の接地時間の関係を前ブロックまでの距離ごとに示す Fig. 9 に示す。いずれの前ブロックまでの距離においても有意な相関関係は認められなかった。

4. 考 察

短距離走におけるクラウチングスタートで

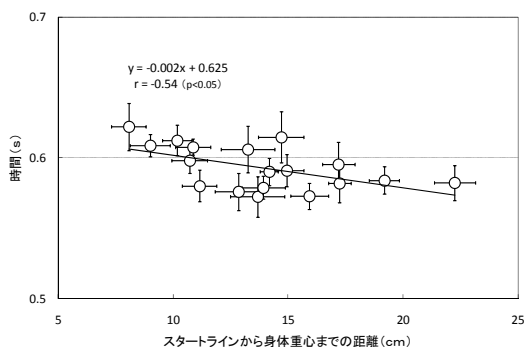


Fig. 7a スタートラインから身体重心までの水平距離とスターティングタイム

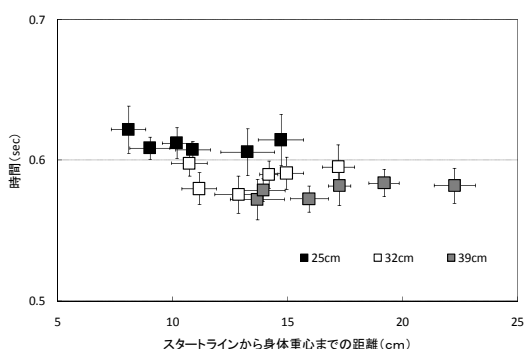


Fig. 7b スタートラインから身体重心までの水平距離とスターティングタイム
(スタートラインから前ブロックまでの距離別)

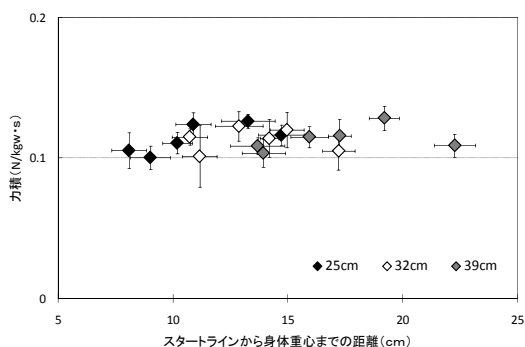


Fig. 8a スタートラインから身体重心までの水平距離と第1歩目の鉛直方向の力積の関係
(スタートラインから前ブロックまでの距離別)

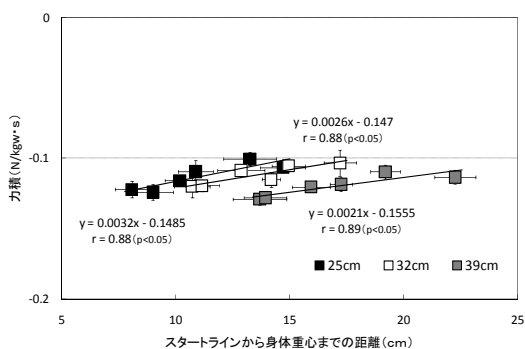


Fig. 8b スタートラインから身体重心までの水平距離と第1歩目の進行方向の力積の関係
(スタートラインから前ブロックまでの距離別)

は、左右の足を置く位置となるスターティングブロックの配置によって構え方はほぼ決まることになる。伊藤ら¹⁰⁾は、ブロック配置が異なるとそれに対応して身体重心位置も異なっていたことを報告している。本研究においても、ブロック配置を変更したことによって身体重心位置は変化し、各ブロックとの位置関係も変わっており、ブロック配置の変更により「用意」の姿勢が変化したと考えられる。伊藤らの報告や本研究では、被験者に「用意」の姿勢についての指示を行っておらず、これらの結果は設定されたブロック配置に対して被験者が自然に構えた姿勢であると考えられる。そこで、ブロックの配置を構成する2つの距離を変化させた影響について、測定された各種力学的変量を身体重心位置との関係を基に検討する。

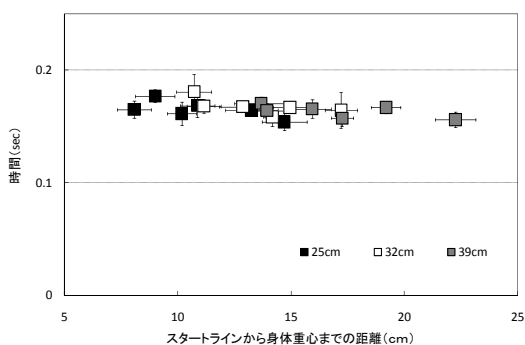


Fig. 9 スタートラインから身体重心までの水平距離と第1歩目の接地時間
(スタートラインから前ブロックまでの距離別)

4.1 ブロック配置の変更がブロックへの力の加え方に及ぼす影響

Fig. 3a, 3b 及び **3c** より, ブロック全体に加えられた力積の大きさはブロック配置によって大きく変化しないが, ブロック配置を変えることによって各ブロックへの力の加え方も変わるものと考えられる。これは, ブロック配置の変更によって身体重心の位置が変わり, ブロックに対して力を加える姿勢が変わったことが影響しているものと推察される。

ブロックの位置をより後方に下げること, 「用意」の姿勢では必然的に膝関節がより伸展位になると考えられる。これは, 野原ら¹¹⁾の, 前ブロックがスタートラインから遠くなるほど前脚の膝の屈曲は小さくなり, ブロックに対してのキック動作で膝の伸展角度の範囲が小さくなるという報告から, 後ブロックでも同様のことが生じるものと推察できる。膝関節はその角度が 135° から 155° で最大筋力を発揮できる¹²⁾と言われ, 本研究のようにブロックをより後方へと下げることによって後脚の膝関節の屈曲の度合いが小さくなり, 最大筋力が発揮できる角度に近づいたと考えられる。**Fig. 4c** 及び **Fig. 5c** でスタートラインから前ブロックまでの距離を変えずに身体重心位置を後方に下げていくと, ブロッククリアランス時に後ブロックに加えられた力の平均値が大きく, ブロックに力を加えた時間は短くなっていた結果とも合致することであるが, **Fig. 4b** 及び **Fig. 5b** のように前ブロックでは異なる傾向の結果であり, 後ブロックと同様に考えることはできない。これには, 前ブロックの位置と後ブロックの位置によって, 前脚の姿勢が異なるためと推察される。すなわち, 「用意」の姿勢における前脚の膝関節の角度は, 前後のブロックの間の距離が小さい配置であれば, 後脚とほとんど変わらないと考えることができ, 後ブロックの場合と同様に考えることができるであろう (**Fig. 4b, Fig. 5b**)。しかし, 前後のブロック間の距離を大きくすると, 後脚の膝関節角度はより大きくなるのに対し, 前脚の膝関節角度はより小さくなることになり, 前

脚と後脚で膝関節角度は逆の変化となる。そのため, 前ブロックでは膝角度が最大筋力を発揮できる角度から離れてしまい, 瞬時に大きな力を発揮することができず, 前ブロックまでの距離が 25cm の時にみられたような平均力の減少が生じたのではないかと考えられる (**Fig. 4b**)。しかし, 前ブロックが後方に位置するにしたがって, 前後のブロック間の距離が変化しても平均力は変わらなくなっていた (**Fig. 4b**)。これは, 前ブロックが後方へと位置することで, 前後のブロック間の距離が小さい時でも膝関節の屈曲の度合いが小さくなり, 前後のブロック間の距離を変化させても, あまり影響が出なくなったのではないかと推察される。

また, 膝関節がより屈曲すると伸展する範囲が大きくなり, ブロックに力を加える時間が長くなることが予想されるが, 本研究の結果は異なっていた (**Fig. 5b**)。これには, 後ブロックへの力発揮が関係していると推察される。**Fig. 3c** で明らかなように, 前後のブロック間距離が小さい配置では, 後ブロックに加えられた力積は比較的小さいが他方で **Fig. 3** のように, 前後のブロック配置にかかわらず前後のブロックに加えられた力積の合計はほとんど変わることはない。そのため, 前ブロックのみでの力発揮となった時に身体に加えられている速度が小さかったことから, 前足のみで伸展しなければならず, 力を加える時間が長くなったものと考えられる。一方, 前後のブロック間の距離が大きくなると, 後ブロックに加えられた力積は比較的大きかった (**Fig. 3c**)。したがって, 膝の伸展角度が大きくなっても, 前ブロックのみで力発揮を行うことになった時に身体に加えられている速度が大きい分, 前足の膝の角度が伸展し, 結果としてほとんど変わらない値となったのではないかと考えられる。

また, クラウチングスタートでは, 身体重心点からキック点を離すと身体の推進力を大きく得ることができる¹³⁾と言われ, これを本研究の結果に反映すると, キック点である前後のブロックを身体重心点から離して, より後方に位置さ

せることで、力発揮の方向はより水平方向へと近づくものと考えることができる。これは、**Fig. 6a** 及び **Fig. 6c** のように、後ブロックについては合致するものの、前ブロックについては明確に断言できない (**Fig. 6a**, **Fig. 6b**)。このような前後のブロックでの違いは、それぞれのブロックで力が加えられている間の動作様態が異なることが影響しているものと推察される。すなわち前ブロックでは、後ブロックから脚が離れてからは前ブロックに接地している脚のみで身体を支えつつ前方向に進まなければならないことや、第1歩目以降の疾走に移行していくために身体を起こす必要もあることから、前ブロックに加えられる力は鉛直方向がやや優勢となり、後ブロックに比べて水平方向への力発揮となりにくいことが考えられる。しかし、A3とA5、A6の配置パターンでは、他の配置に比べてわずかに水平方向への力発揮となっていた (**Fig. 6b**)。これらの配置パターンでは、後ブロックに加えられる力積が比較的大きく (**Fig. 3c**)、また後ブロックにおける力積がより水平方向であった (**Fig. 6c**) ことから、後ブロックのクリアランス後に前ブロックでより水平方向への力発揮が行いやすい姿勢となっていたのではないかと推察される。

4.2 ブロック配置がスターティングタイムに及ぼす影響

野原ら¹¹⁾は、短距離走においてはスタートの合図に対してできるだけ早く飛び出すことが重視されるべきであると述べており、指導書¹⁴⁾でも号砲と同時に少しでも速く前へ出ることが必要であるとしている。本研究では、スターティングタイムを用いて出発の早さを評価した。**Fig. 7a** より、身体重心位置とスターティングタイムには有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.54$, $p < 0.05$)。スターティングタイムは、スタートの動作を開始するまでの反応時間、前方へ飛び出すためにブロックに力を加えている時間、及びブロッククリアランス後に第1歩目の接地をするまでの滞空時間の3つの和として求められる。これらのうち反応時間に

ついては、野原ら¹¹⁾の報告や Henry⁹⁾の報告から、ブロック配置による差は生じないと考えられ、ブロック配置を変更してもブロック全体に加えられた力積の大きさが大きく変わることがなかった (**Fig. 3a**) ことから、ブロッククリアランス後から第1歩目接地までの滞空時間についてもブロック配置による差は無いものと推察される。一方、ブロックに加えられた時間については、前後のブロックとも、身体重心位置との間に有意な負の相関関係が認められた (**Fig. 5a**) ことから、スターティングタイムに影響を及ぼしているのはブロックに力を加えた時間であると考えることができる。また **Fig. 7b** のように、いずれの前ブロックまでの距離においても身体重心位置とスターティングタイムの間には有意な相関関係が認められなかったが、スターティングタイムの値は前ブロックまでの距離ごとで層状に分布しており、前ブロックまでの距離が大きいほどスターティングタイムは短い傾向にあった。このことは、ブロッククリアランス中に前ブロックに対して力を加える時間が長いこと (**Fig. 5a**) やブロックの位置によって力を加える時間が変化すること (**Fig. 5b**) と合わせると、前後のブロック配置のうち、スターティングタイムにより影響するのは前ブロックまでの距離であると考えられる。

4.3 ブロック配置の変更が第1歩目の力発揮様態に及ぼす影響

第1歩目の地面反力の結果では、ブロック配置を変更しても鉛直方向への力積 (**Fig. 8a**) や接地時間 (**Fig. 9**) に大きな影響はなかった。しかし進行方向への力積を前ブロックまでの距離ごとでみると、いずれの距離においても身体重心位置と進行方向の力積との間に有意な相関関係が認められ (**Fig. 8b**)、前後のブロック間の距離が狭い方が進行方向への力積はより大きい (**Fig. 1** の軸設定を参照) 結果であった。このような結果には、第1歩目を迎える時の身体の姿勢が関係しているものと推察される。

スタートダッシュを行う際に後ブロックに力

を加えると、その反動によって脚の前方への振り上げが生じ、大腿は前上方へと引きつけられる。この時、前後のブロック間の距離が大きければ、後ブロックの脚が前ブロックの位置を通過するまでの距離も大きいことになり、後脚の前方振り上げ動作が行われる範囲は大きくなるであろう。野原¹¹⁾は、身体重心から前ブロックまでの距離が小さいと第1歩目の身体の前傾は浅くなることを報告しており、これを Fig. 2 を基に本研究のブロック配置の設定に置き換えると、前後のブロック間の距離が大きくなると第1歩目の身体の前傾が浅くなることになる。Fig. 3c に示されたように、前後のブロック間の距離が大きいと後ブロックに加えられた力積は大きい傾向にあり、前後のブロック間の距離が大きい設定での後脚の前方振り上げ動作はより勢いよく行われたものと考えられる。そしてその結果、このようなブロック配置の試技では、上体の姿勢はより起き上がってしまい、身体の前傾角度がより浅くなっているものと推察される。前後のブロック間の距離が大きい設定では、後ブロックに力を加えることで前方に振り上がった後脚は、第1歩目を迎える時には上体の姿勢が起き上がってしまい、第1歩目接地中には進行方向への力を加えにくい着地になっているものと推察される。

5. 総 括

本研究では、スターティングブロックの配置に注目し、スタートラインから前ブロックまでの距離及び前後のブロック間の距離が、ブロッククリアランス時の力発揮と第1歩目の地面反力にどのように影響するかを検討した。男子短距離選手1名を対象に、ブロック配置を様々に変えたスタートダッシュを裸足で行わせた。ブロック配置パターンは、スタートラインから前ブロックまでの距離と前後のブロック間の距離の組み合わせを変えた18パターンとし、1パターンにつき7回の試技を行わせた。各試技において、前後のスターティングブロックに加えられた力と第1歩目の地面反力をフォースプ

レートを用いて測定し、各種力学的変量を算出した。分析の結果、次のことが明らかになった。

- ブロック配置変更により、スタートラインから前ブロックまでの距離及び前後のブロック間の距離が大きくなるにしたがって、身体重心位置はスタートラインから離れる傾向であった。
- ブロック配置を様々に変更しても、ブロック全体に加えられた力積には大きな変化はみられなかった。
- 後ブロックをスタートラインからより後方へ位置させると、瞬間的な力発揮は大きくなるが、力を加える時間は短くなり、水平方向への力発揮となる傾向であった。一方、前ブロックでは、後ブロックの位置によって力発揮を行う状況が変わるため、その影響や傾向は後ブロックと異なっていた。

本研究では、男子短距離選手1名を対象としたが、ブロック配置の変更による身体重心位置の変化には、選手の体格や筋力などの身体特性が影響するものと考えられ、用意の姿勢での上肢への体重配分や第1歩目への脚の振り出し方などのスタートダッシュの方法も多様であると考えられる。今後、選手の身体特性との兼ね合いや身体重心位置と前後のブロック位置との関係について、さらに探究していく必要がある。

参 考 文 献

- 1) Harland M.J. and Steele J.R. ; Biomechanics of the sprint start, Sports Medicine, 23 (1), pp.11-20, 1997.
- 2) 荒木善行; クラウチングスタートにおけるブロックの位置とスピードについて, 体育学研究, 10 (2), p.249, 1966.
- 3) 袖山紘, 浅川正一, 金原勇, 小佐文雄; 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), p.168, 1969.
- 4) 一川大輔, 安井年文, 高島瑠依; 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, pp.13-21, 2006.
- 5) Payne A.H. and Blader F.B. ; The mechanics of the Sprint Start, Medicine and Sport vol.6,

- Biomechanics II , pp.225-231, 1971.
- 6) 篠原康男, 前田正登; 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, pp.44-50, 2010.
 - 7) Fortier S., Basset F.A., Mbourou G.A., Favérial J. and Teasdale N.: 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, pp.134-143, 2005.
 - 8) Schot P.K. and Knutzen K.M. : A biomechanical analysis of four sprint start positions, Research Quarterly for Exercise and Sports, Vol.63, No.2, pp.137-147, 1992.
 - 9) Henry F.M. : Force-time characteristics of the sprint start, Research Quarterly, Vol.23, No.3, pp.301-318, 1952.
 - 10) 伊藤宏, 青木賢一, 田中秀幸; クラウチングスタートにおける身体重心と両足との位置関係に関する実験的研究, 静岡大学教育学部研究報告 (自然科学編), 30, pp.15-22, 1979.
 - 11) 野原弘嗣, 花田登, 安里重則, 山岡誠一; クラウチングスタートの研究, 京都教育大学紀要, 50-B, pp.36-49, 1977.
 - 12) 野原弘嗣, 山岡誠一, 畑岡正夫, 花田登; 跳躍運動の研究 (第1報) 種々の膝角度における静的筋力と瞬発力について, 京都教育大学紀要, 40-B, pp.77-86, 1972.
 - 13) 宮口尚義; 短距離走におけるスタンディング・スタートとクラウチング・スタートの比較的研究, 金沢大学教育学部紀要 (自然科学編), 31, pp.81-90, 1982.
 - 14) 湯浅徹平; 陸上競技入門シリーズ① 短距離, ベースボールマガジン社 (東京), pp.40-51, 1976.