

平成 24 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

陸上競技短距離走におけるバンチスタートの研究

—スターティングブロックのフットプレート位置変化による特性比較—

所属領域 スポーツ科学領域  
分野 コーチング科学専門分野

氏名 山本 享

論文指導教員 佐久間和彦 教授

合格年月日 平成25年2月25日

論文審査員 主査 青木 和浩

副査 濱野 光之

副査 佐久間 和彦

## 目次

第1章 諸言.....	1
第2章 関連文献の考証.....	4
(1) 加速局面、最高疾走局面に関する研究.....	4
(2) スタートダッシュのスタイルに関する研究.....	5
第3章 研究目的.....	9
第4章 実験方法.....	10
第1節 被験者.....	10
第2節 測定内容及び場所.....	10
第3節 測定時の気候条件.....	11
第4節 測定方法及び分析方法.....	11
(1) 60m 疾走タイムの測定、各地点通過タイム、各区間ラップタイム、 最高疾走速度、最高疾走速度発現地点の算出.....	11
(2) スタートから6歩までの測定及びピッチ、ストライドの算出.....	12
(3) スタート合図から1歩目離地までの測定及び膝関節角度、股関節角度、 身体前傾角度の分析.....	13
(4) 統計処理.....	13
第5章 結果.....	14
第1節 60m 疾走タイム、各地点通過タイム及び各区間ラップタイムの比較..	14
第2節 最高疾走速度の比較.....	14
第3節 最高疾走速度発現地点の比較.....	14
第4節 反応時間、離足時間、0歩目のタイムの比較.....	14
第5節 膝関節角度、股関節角度、身体前傾角度の比較.....	15
第6節 6歩目までのピッチ及びストライドの比較.....	15
第6章 考察.....	16
第7章 結論.....	18
第8章 要約.....	19

謝辞.....	20
引用及び参考文献.....	21
英文要約.....	24
図表一覧.....	26

## 第1章 諸言

陸上競技短距離種目 100m 走は、数秒の短い時間の中で、高い技術を発揮し、タイムにより勝敗を競う種目である。そのため選手は 0.01 秒でも記録を向上させるため、日々トレーニングを行っている。

100m 走は疾走速度、ストライド、ピッチの変化を基に疾走速度およびストライドが急激に増加する 0~30m 地点を第 1 加速局面、疾走速度の増加が緩やかになる 30~50m 地点を第 2 加速局面、最高疾走速度が発現する 50~70m 地点を最高速度局面、そして疾走速度およびピッチが減少する 70~100m 地点を減速局面の 4 局面に分けられる<sup>1)2)</sup>、それぞれの局面について様々な面から研究がなされている<sup>1)2)3)</sup>。

これまでの多くの研究により、どの局面も重要であると考えられるが<sup>4)5)6)</sup>、中でも最高疾走速度がゴールタイムと非常に高い相関関係にあり、最高疾走速度がパフォーマンスに及ぼす影響が大きいことが報告されている<sup>4)</sup>。また、最高疾走速度発現地点もゴールタイムに与える影響が大きいと報告されている<sup>7)8)</sup>。羽田ら<sup>1)</sup>も 100m の平均疾走速度と最高速度局面である 60m 地点の疾走速度との相関関係が全地点の中で最も高かったと述べている。また、最高疾走速度は日本人選手において 40~60m 地点で発現することが多いと報告されている<sup>1)7)8)</sup>。世界と日本のトップ選手の加速局面から最高疾走速度までの動作特徴はいくつかの研究により明らかにされており<sup>1)5)7)</sup>、高い疾走速度を獲得するためには、その前の第 1・第 2 加速局面 (0~50m、以下加速局面とする) での高い技術が必要となる。また、松尾ら<sup>4)</sup>も、加速過程の評価のために 10m から 60m までのラップタイムとゴールタイムの関係をみると、どのラップタイムでも統計的には有意な相関関係であるが、相関係数は距離にともない高くなる傾向であったと報告し、60m までの重要性を述べている。

加速局面はスタートダッシュ (以下 SD とする) から始まる。SD の定義は、文献、先行研究で定義されておらず、明確ではない。第 1 加速局面におけるスタート直後から 30m 以内であると考えられる。Sven<sup>9)</sup>は、スタートはタイムを短縮するために、軽視してはならないパフォーマンスの構成要素であり、スタートの成否による加速スピ

ードがその後のレース展開に大きく影響を与え、勝敗を左右する要因であると述べている。加速局面では身体が静止した状態から爆発的なスタートによって、大きな加速力を発揮しながら高い疾走速度を獲得するだけではなく<sup>5)</sup>、号砲後少しでも早くスターティングブロック（以下ブロックとする）から離足することが求められる。素早くブロックから離足する方法は、選手の反応の早さだけではなくキックの強さも必要である。また、スタート後の加速のために前足がフットプレート（以下 FP とする）を離れる瞬間（以下ブロッククリアランス時とする）の身体前傾角度も重要である。Sylvie ら<sup>10)</sup>は、記録上位者（10.30～10.58 秒）の SD と下位者（10.73～11.37 秒）の SD を比較し、記録上位者はブロックを出るまでにかかる時間が短いと報告している。

加速局面における SD では、急激なピッチの上昇、ストライドの上昇が起こり、疾走速度が急激に増加する<sup>11)7)</sup>。しかし、太田ら<sup>8)</sup>は SD でピッチを高めすぎると、疲労により早くピッチの低下が起こり、その結果スピード持続に差がみられ、後半のピッチ低下の要因になり速度逓減率が増加すると報告している。そして、最高疾走速度発現地点がよりレース後半になると、減速局面が短くなり、そのため速度逓減率も低くなると述べている<sup>8)</sup>。阿江ら<sup>7)</sup>も、世界一流選手群は最高疾走速度がレース後半に発現する傾向にあるため、最高速度局面が長くなり、減速局面が短くなると報告している。このレース後半に起こる速度逓減率と疾走タイムには有意な相関関係にあり、世界と日本一流選手でも 3～7% 起こると報告されている<sup>8)</sup>。つまり SD でピッチを高めすぎることによる最高疾走速度の早期発現は最高速度局面を短くし、後半のピッチを低下させ、その結果減速局面が増加する。そのため太田ら<sup>8)</sup>は、加速局面の走りが 60m 以降の速度維持能力、速度低下に影響を及ぼし、後半の走りを改善させる可能性があるかと推察している。最高疾走速度をよりレース後半に発現させ、減速局面を短くする加速方法を検討し、明らかにすることは必要だと考えた。最高疾走速度に至るまでの過程が加速局面であり、加速局面の始まりが SD である。SD における加速方法の違いが最高疾走速度と最高疾走速度発現地点に変化を与えると考えた。これまでに SD と最高疾走速度及び最高速度発現地点に着目した研究は見当たらない。

SD の方法は、クラウチングスタートとスタンディングスタートの 2 通りの方法があ

り、100m 走、200m 走、400m 走、4×100mR、4×400mR の短距離走においては、ブロックを使用したクラウチングスタートを行うことが義務付けられている。ブロックは、左右の足を置くための2枚の FP とそれらを固定する堅固なフレームで構成され、ブロックの位置や、FP の位置と角度は自由に調節できる仕組みになっている。ブロックには 3.5cm 間隔で溝があり、FP は溝に合わせて前後に移動させることができる。ブロックと FP の設置方法は競技者自身の構え易さに任せて設置されることが多く、指導されたものではなく競技者自身が見つけていく傾向が強い<sup>11)</sup>。

そして、ブロックを使ったクラウチングスタートにはエロンゲータッドスタート(以下 ES とする)、ミディアムスタート(以下 MS とする)、バンチスタート(以下 BS とする)の3種類のスタートスタイル(以下スタイルとする)がある<sup>12)13)</sup>。世界的な傾向としては BS と MS が一般的であると考えられ、我が国では高校生、大学生、社会人競技者において BS が多い<sup>11)</sup>。競技者はこれら3種類のスタイルを基本にしつつ、自身の能力や特性、技術を踏まえた上で自身が意図する SD ができるように、日々の練習の中で FP 位置を微調整するなどの試行錯誤を行い、レースに臨んでいる。スタイルの特性は、いくつかの研究で報告されているが<sup>12)13)14)15)16)</sup>、3種類のスタイルを比較したものであり、1つのスタイル範囲内で特性が十分解明されているとは言い難い。

SD について野原<sup>14)</sup>は身体重心に着目した4種類のスタイルの比較を報告しており、袖山<sup>15)</sup>はブロック位置を変化させ検討を行っている。また、用意の姿勢の違いによる重心変化を比較したものや<sup>17)</sup>、スタート第1歩時の姿勢から身体の様々な角度に着目した研究などがある<sup>18)</sup>。しかし、ブロックの FP 位置を変えることによって起こる最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点の変化を比較したものはない。

そこで本研究は、競技者に最も多く用いられている BS に着目し、BS の特性を BS の範囲内で比較するため、ブロックの FP 位置が異なる SD が最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点に与える変化を比較検討し、BS の特性をより詳細に明らかにすることを目的とした。

## 第2章 関連文献の考証

100m 走では、最高疾走速度が発現する最高速度局面における動作分析やレースパターンに関する研究は数多く行われてきた<sup>1)3)4)7)</sup>。本研究では、加速局面の特徴と最高速度局面の特徴をこれまでの研究から示し、理想の加速局面、最高速度局面を考察する。また、加速局面のSDに着目し、SDの特徴をこれまでの研究から示した後、スタートスタイルの違いによるSDと最高速度局面及び最高疾走速度発現地点の関係についても検討した。

### (1) 加速局面、最高速度局面に関する研究

100m 走は疾走速度、ストライド、ピッチの変化を基に疾走速度およびストライドが急激に増加する0～30m地点を第1加速局面、疾走速度の増加が緩やかになる30～50m地点を第2加速局面、最高疾走速度が発現する50～70m地点を最高速度局面、そして疾走速度およびピッチが減少する70～100m地点を減速局面の4局面に分けられる<sup>1)2)</sup>。

これまでの研究によりゴールタイムと最高疾走速度は統計的に非常に高い相関関係にあると示されている<sup>1)3)4)</sup>。また、最高疾走速度は日本人選手において40～60m地点で発現することが多いと報告されている<sup>1)8)</sup>。そのため100m走に関する分析は、最高疾走速度が発現する最高速度局面を対象にしたものが多い。太田ら<sup>8)</sup>は世界トップ選手群(9.97±0.09秒)と日本人選手群(10.48±0.08秒)を比較した研究の中で、世界トップ選手群は最高疾走速度発現地点がよりレース後半に発現している傾向にあると報告している。また、30～60mが100mタイムと最も相関関係にあり、ここでのパフォーマンスが後半60m以降の減速に影響すると報告している<sup>8)</sup>。羽田ら<sup>1)1)</sup>も、100mの平均疾走速度と60m地点の疾走速度との相関係数が全地点の中で最も高かった( $r=0.99$ ,  $p<0.001$ )と報告し、最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点の重要性を述べている。つまり、ゴールタイムを向上させるためには最高疾走速度を高めること、最高疾走速度をよりレース後半に発現することが必要である。

加速局面では、急激なピッチの上昇、ストライドの上昇が起こり、疾走速度が急激に増加する<sup>1)6)7)</sup>。日本人選手は前半 30m で急激に加速する選手が多く、後半の減速が大きい傾向がある<sup>8)</sup>。また、疾走速度だけでなく、日本人選手はピッチとストライドがスタートからフィニッシュにかけて増加、維持、低下の一峰性の変化傾向の特徴を示している<sup>8)</sup>。0~30m 区間でピッチを高めてしまうと、疲労により早くピッチの低下が起こるため、世界トップ選手群はゆるやかに加速している<sup>8)</sup>。そのため、スタートからの加速局面において、ピッチの上昇を抑え、大きな平均ストライド長を獲得することによって高い速度を獲得することが重要となる<sup>19)20)</sup>。阿江ら<sup>7)</sup>は、100m 記録と平均ピッチとの間に有意な相関関係はなく ( $r=0.20$ )、平均ストライドとは有意な相関があったと報告している( $r=-0.69$ )<sup>7)</sup>。また、太田ら<sup>8)</sup>も、100m を一区間として考えるとストライドが重要としているが、世界と日本のトップ選手はピッチとストライドどちらが優位か判断できないが、傾向としてピッチの方がストライドより優位な関係にある推察としている。また、ピッチ、ストライドは共に重要だが日本人選手の後半 20m の速度低下の要因はピッチにあると報告している<sup>8)</sup>。

つまり、100m における理想の SD は、加速局面においてピッチの急激な増加が意図せずに抑制され、後半にかけて緩やかに加速することが求められる。また、最高疾走速度を高め、最高疾走速度発現地点をよりレース後半にし、減速局面を短くする特性をもつスタイルである。この特性に近いスタイルを明らかにすることは、100m 走のコーチングに貢献すると考えられる。

## (2) スタートスタイル、及びスタートダッシュ分析項目に関する研究

ブロックを使ったクラウチングスタートには ES、MS、BS の 3 種類のスタイルがある。ES は前後の FP 間隔を大きく開き、後足 FP をスタートラインから前足 FP までの間隔より大きく設置するスタイルである<sup>12)13)</sup>。BS は前後の FP 間隔をスタートラインから前足 FP までの間隔より小さく設置するスタイルである<sup>12)13)</sup>。MS はその中間である<sup>12)13)</sup>。すべてのスタートはこのいずれかのスタイルにあたる。ES の特性は、前足の脚伸展動作の範囲が広いため、FP に対するキック時間が延長することにより、



キックの水平分力の力積が大きくなってより大きな推進力を得ることができ、素早い加速につながるがブロックからの飛び出しに時間がかかる<sup>14)</sup>。また、SD 時の身体の前傾が低くなることも報告されている<sup>14)</sup>。

BS の特性は、両足の FP 位置がスタートラインから最も遠くなる。FP に対するキック力の水平分力の力積が小さいが、両足のキックの時差が極めて小さいため、ブロックからの飛び出しが早いことである<sup>14)</sup>。野原ら<sup>14)</sup>は FP に発揮されたキック力の力積は両足間隔が狭いほど小さくなり、前足 FP の位置がスタートラインから遠くなり両足間隔が狭くなるほどブロックからの離足が早くなる傾向があると報告している。また、ブロッククリアランス時及び第 1 歩離足時の身体前傾角度はスタートにおける前足 FP が後方になるほど深く前傾になるとしている<sup>14)</sup>。しかし、前足 FP から 1 歩目までの距離は前足の位置が後方になるほど進行距離が短くなる。スタートスタイルにおける前足 FP 位置のストライドへの影響はスタート直後の 1 歩にとどまらず 10 歩間において一層大きな差になっているため<sup>14)</sup>、スタート直後の速度では優れた SD ではないと考えられる。

MS の特性は、ブロックからの飛び出しの早さ、FP に対するキック力の水平分力の力積の大きさ、SD 時の身体の前傾角度などにおいて ES と BS の中間的傾向である<sup>14)</sup>。そのため、初心者にも向いているスタイルだといえる<sup>12)13)</sup>。

3 種類のスタイルを比較すると、野原ら<sup>14)</sup>は、15m タイムは ES と MS は BS より有意に優れていたが、30m タイムはスタイル間の優劣に一定の序列を見いだせなかったと報告している。また、離足時間は ES より MS、BS が優れているとも報告している。袖山ら<sup>15)</sup>は、離足時間は FP 間隔を小さくするか、スタートラインと FP との間を大きくすると早くなること、また、初速度に関しては FP 間隔、スタートラインと前足 FP の距離を中位にすると大きくなることを述べている。そして SD の加速は、FP 間隔が大きいほどよく、スタートラインと前足 FP との間隔が中位の場合によいことを述べ、3 種類とも優れた特徴があることを述べている<sup>15)</sup>。世界的な傾向としては BS と MS が一般的であると考えられ、我が国では高校生、大学生、社会人競技者において BS が多い<sup>11)</sup>。

スタートダッシュ分析項目にはスタート反応時間、FP 離足時間、膝関節角度、股関節角度、身体前傾角度、ピッチ、ストライドがある。

スタート動作は反応時間と FP をキックする動作時間とに分けられるが、野原ら<sup>14)</sup>は反応時間にはスタイルによる差異はなく、スタートにかかる時間はキック時間に影響が現れ、スタートの飛び出しはキックのある一時点の力の大小よりも両足キック力のトータルに支配されると報告している。

FP に加わる力の研究では、篠原ら<sup>21)22)</sup>は、水平方向への力発揮は後足 FP が後ろに下がることで強くなり、前足 FP は FP 位置の変化による差がなかったと報告している。また、後足 FP 位置を変化させることで身体前傾に影響があるとも報告している<sup>22)</sup>。一川ら<sup>14)</sup>は、10 秒台の選手におけるスタートラインから前足 FP までの距離に差はないが前後間隔に差があると報告している。また、日本人選手と外国人選手との FP 設置方法に関する相違点は前後距離にあると報告している。古藤ら<sup>23)</sup>は、前足 FP に加えられる力と水平分力は、FP 位置に非常に関係が少なく、ほとんど変わらないと報告している。後足 FP に加えられる力と水平分力は FP 位置と密接な関係を持ち、両ブロック間隔比率によって変化すると報告している<sup>23)</sup>。Sylvie ら<sup>10)</sup>は、スタートの FP に加わる力の研究において、記録上位群 (10.30~10.58 秒) と下位群 (10.73~11.37 秒) に分け比較した結果、上位群は後足 FP にかかる力の最大値が大きいこと、後足 FP にかかる力が最大値に達するまでの時間が長いことが明らかとなったと報告した。また、後足 FP に加えられた力の最大値が大きい者ほどよい SD をしていると報告している<sup>10)</sup>。これらの研究から、後足 FP 位置変化が身体前傾角度、FP に加わる力に大きく影響を与え、加速方法が変わることが推察される。特に後足 FP を後方に移動させることにより、FP に加わる水平分力が増大し、身体前傾角度が低くなることが考えられる。

陸上競技における短距離走のスタートでは、選手はブロックや FP の位置や角度を調節することで、自身が加速を行いやすいスタート姿勢を取れるようにしている<sup>22)</sup>。スタート時の姿勢に関する研究では、Mero ら<sup>24)</sup>が、SD 姿勢の膝関節角度について検討している。その結果、記録上位群 (10.8 秒台の選手) と下位群 (11.5 秒台の選手) の間には、前足と後足の膝関節角度には有意な差がなかったと報告している<sup>24)</sup>。また、

スタート姿勢の膝関節角度は脚の伸展力が最も発揮しやすい角度にすることが重要であり、ブロック設置の位置が個人で異なってもこの両膝の角度は基本的に変わらない可能性があることが示されている<sup>24)</sup>。

加藤ら<sup>18)</sup>は、国際級の選手（10.2～10.5秒）と日本学生選手（11.2～11.5秒）を比較するため、スタート時の前足が伸びきった時の身体角度を計測し、検討している。報告では、その差はほとんどないが、日本学生選手は前脚の腿が上がらないという傾向が見受けられたと報告している<sup>18)</sup>。

伊藤ら<sup>20)</sup>は、クラウチングスタートからの全力走は、スタンディングスタートからの加速走よりも、ピッチ優勢型の動きの特徴を持っており、ストライドを強調することで、過度なピッチの増加が抑えられ、中間疾走局面で最適なピッチとストライドの関係が構築されるとしている。クラウチングスタートでは、ピッチの急激な増加が起こりやすく、選手が意図してストライドを強調し、ピッチを抑制することが求められる<sup>20)</sup>。SDを検討するにあたり、反応時間、離足時間、膝関節角度、股関節角度、身体前傾角度、ピッチ、ストライドを比較することが必要であると考えられる。

以上のようにSDはスタイルによって特性が違ふ。これまでのSDの評価の優劣は短い距離による評価であり、SDのスタイルの違いが加速局面から最高速度局面とレース後半に与える影響について明らかにされていない。また、3種類のスタイルの比較であり、1つのスタイル範囲内における比較もされていない。100mのレースに関してのSDの特性はまだ十分に明らかにされていないと考え、SDの1つのスタイル範囲内におけるFPの位置変化が、最高疾走局面の最高疾走速度と最高疾走速度発現地点に与える変化を明らかにすることは必要であり、意義のあることだと考える。

このように、SDと最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点の関係について明らかにされておらず、SDと最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点の関係を調査し、反応時間、離足時間、膝関節角度、股関節角度、身体前傾角度、ピッチ、ストライドについても比較、検討することにより、関係に影響を与える要因を知ることができると考える。

### 第3章 研究目的

関連文献の考証に示した通り、最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点とゴールタイムとの関係が明らかにされている。しかし、SD と最高疾走速度および最高疾走速度発現地点の関係については明らかにされていない。また、SD におけるブロックの FP 配置を変化させることによって起こる最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点の変化を比較したものではなく、特性が十分解明されているとは言い難い。

そこで本研究は、競技者に最も多く用いられている BS に着目し、BS の特性を BS の範囲内で比較するため、ブロックの FP 位置が異なる SD が最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点に与える変化を比較検討し、BS の特性をより詳細に明らかにすることを目的とした。

## 第4章 実験方法

### 第1節 被験者

被験者は、BSを使用している大学陸上競技部に所属する短距離種目を専門とする男子学生18名（J大学10名、K大学8名）と、BSを使用している高校陸上競技部に所属する短距離種目を専門とする男子学生2名の計20名（年齢 $20.00 \pm 1.75$ 歳、身長 $173.18 \pm 6.56$ cm、体重 $66.20 \pm 5.78$ kg、100m最高記録 $11.36 \pm 0.46$ 秒）であった。表1は被験者の属性及びフットプレート間隔データを示したものである。すべての被験者には事前に説明会を開催し、研究の目的、意義、方法および参加に際しての危険性や個人情報保護に関する事項の説明を口頭および文章にて十分に行った。未成年者である高校生の被験者には、保護者に対しても同様の説明を行い、同意書に保護者の署名をしてもらった。参加の有無は同意書の提出によって同意を得た。実験で得られたデータは、担当者以外が閲覧できないようにし、個人情報を考慮して取り扱った。なお、本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科における倫理委員会により承認（院24-41）を受けた。

### 第2節 測定内容及び場所

実施場所は、平成24年8月27日K大学陸上競技場（日本陸上競技連盟第3種公認）と、平成24年8月28日J大学陸上競技場（日本陸上競技連盟第3種公認）の2か所とした。

測定は、陸上競技場の直線走路にて行った（図1）。走路は2レーン分を使用し、中央の白線上にて試技を行った。測定距離は羽田ら<sup>1)</sup>の報告の最高疾走速度発現地点を参考にし、60mとした。被験者は競技会と同様に100mスタート地点よりブロック（スーパーⅢ、NISHI社製）を使用し、クラウチングスタートの姿勢で、ピストル（NISHI社製）の合図により60m全力疾走（以下60m走とする）を実施した。なお、すべての被験者は個人で持参したスパイクシューズを着用して試技を行った。各自十分なウォーミングアップ時間を取った後、試技を行った。各試技には15分以上の休憩を設け

た。不正スタート、または被験者の納得のいかない試技に関しては、被験者の意思表示により無効試技とし、再び試技を行った。

被験者は、ブロックを用いて BS の範囲内で先行研究<sup>10)21)22)23)</sup>を参考に後足 FP 位置を変化させることにし、後足 FP の位置を下記に示すように変えた。FP 移動範囲は篠原ら<sup>22)</sup>の実験を参考に 7cm とした。被験者が通常行っているスタートにおける FP 位置を基準（以下基準型とする）に、基準型から前方に FP を 7cm 移動させた型（以下前型とする）、後方に FP を 7cm 移動させた型（以下後型とする）の 3 種類のスタートスタイルとし、FP 間隔の小さいスタイルから順に行わせた。被験者には、3 種類のスタートスタイルに慣れるため本実験の約 1 週間前から 2 日間、1 種類 2 回ずつ 30m の SD 練習を行わせた。なお、被験者の「用意」の姿勢に関しては、スタイルが変わることによる自然な変化を比較する意図で指示を行っておらず、設定された FP 位置に対して被験者が自然に構えた姿勢のまま実施した。

### 第 3 節 測定時の気候条件

平成 24 年 8 月 27 日に K 大学陸上競技場で大学生 8 名と高校生 2 名の測定を行い、15 時半の測定開始時点の天候は晴れ、気温は 30.0 度、湿度は 30.0%であった。平成 24 年 8 月 28 日に J 大学陸上競技場で大学生 10 名の測定を行い、15 時半の測定開始時点の天候は晴れ、気温は 32.4 度、湿度は 58.0%であった。風向、風速については両測定場所がほとんど無風であり、風の影響はなかった。

### 第 4 節 測定方法及び分析方法

(1) 60m 疾走タイムの測定、及び各地点通過タイム、各 구간ラップタイム、最高疾走速度、最高疾走速度発現地点の算出

60m 走に要した時間は 60m ゴールライン左側方 30m の地点からカメラ高 1.2m でハイスピードビデオカメラ（EXILIM ZR200、CASIO 社製）を用いて毎秒 240 コマ、露出時間 1/1000 秒でパンニング撮影し、被験者のトルソーが 10m ごとに設けたマーカーを通過するまでのコマ数より算出した。マーカーは佐久間ら<sup>25)</sup>の実験を参考にし、

100m 直線走路内側に投擲用具のやりを 10m 間隔に設置した。得られたデータより、各地点通過タイム及び各 구간ラップタイムを算出し、そこから最高疾走速度及び最高疾走速度発現区間を求めた。

## (2) スタートから 6 歩目までの測定、及びピッチ、ストライドの算出

スタートから 10m までの走りを、5m 地点の側方 30m 地点からカメラ高 1.2m でハイスピードビデオカメラ (EXILIM ZR200、CASIO 社製) を用いて毎秒 240 コマ、露出時間 1/1000 秒で撮影した。ストライドと 1 歩に要した時間は、撮影した画像をコンピュータに取り込み、動作分析システム (Frame-DIASIV、株式会社 DKH) を用いて二次元座標値を算出し、二次元 4 点実長換算法を用いて実長換算して算出した。

分析範囲は、貴嶋ら<sup>26)</sup>を参考にし、スタートから 6 歩目までを SD とし、スタート合図後どちらかの手が離地する直前からスタート後 6 歩目までとした。歩数カウントは① 0 歩目：FP の後足が離れてから、前足が離れるまで、② 1 歩目：FP を両足が離れてから 1 歩目の着地まで、③ 2 歩目：1 歩目の着地から 2 歩目の着地までとし、3 歩目以降も同様に定義した。算出項目は内山ら<sup>27)</sup>と嶋田ら<sup>17)</sup>を参考に以下の 3 つとした。

### a) ピッチ

1 歩に要した時間を求め、その逆数 (歩/秒) とした。

### b) ストライド

接地から逆足の接地までのつま先の変位 (m) から求めた。

### c) 反応時間、0 歩目のタイム、離足時間

分析範囲は号砲から 1 歩目離地までの経過時間とし、反応時間 (秒)、0 歩目のタイム (秒)、離足時間 (秒) に分けて算出した。離足時間は、スタート合図後どちらかの手が離地する直前から前足が FP から離れるまでの時間とした<sup>14)</sup>。すべての被験者において後足、前足の順で FP より離足していたため、本研究では前足 FP の離足時間を両足の離足時間とした。

(3) スタート合図から1歩目離地までの測定、及び膝関節角度、股関節角度、身体前傾角度の分析

各関節角度、身体前傾角度をスタートライン左側方30mの地点にハイスピードビデオカメラ（EXILIM ZR200、CASIO社製）を用いて每秒240コマ、露出時間1/1000秒で撮影した画像をコンピュータに取り込み、動作分析システム（Frame-DIASIV、株式会社DKH）を用いて身体測定点23点の二次元座標値を算出した。得られた二次元座標値は二次元4点実長換算法を用いて実長換算して算出した。そして、得られた各身体分析点の二次元座標値はデジタルフィルタ（遮断周波数6Hz）を用いて平滑化した。算出項目は下記の2つである。算出項目は内山ら<sup>27)</sup>と貴嶋ら<sup>26)</sup>を参考に以下の2つとした（図2）。

e) 各関節角度

①股関節角度：胸骨上縁点と大転子点を結んだ線と、膝関節中心点と大転子点を結んだ線のなす角度（度）とした。

②膝関節角度：大転子点と膝関節中心点を結んだ線と、足首点と膝関節中心点を結んだ線のなす角度（度）とした。

f) 身体前傾角度

被験者により頭の位置が異なるため胸骨上縁点とつま先点を結んだ線分と水平線がなす角（度）とした。

(4) 統計処理

すべての変数について平均値±標準偏差で示し、有効数字を小数第二位とした。スタイル間の60m疾走タイム、各地点通過タイム、各 구간ラップタイム、最高疾走速度、最高疾走速度発現地点、反応時間、0歩目のタイム、離足時間、ピッチ、ストライドを比較するために、一元配置の分散分析を行った。また、有意差が認められた変数について Bonferroni 法による多重比較を行った。有意水準は5%とした。



## 第5章 結果

### 第1節 60m 疾走タイム、各地点通過タイム及び各区间ラップタイムの比較

3種類のスタイルによる60m 疾走タイム、各地点通過タイム及び各区间ラップタイムの値を表2に示した。60m 疾走タイムについて、前型  $7.58 \pm 0.22$  秒、基準型  $7.56 \pm 0.21$  秒、後型  $7.56 \pm 0.21$  秒であった。どのスタイル間も有意な差は見られなかった。

また、各地点通過タイム及び各区间ラップタイムの値について、各地点通過タイム及び各区间ラップタイムの値にどのスタイル間も有意な差は見られなかった。

### 第2節 最高疾走速度の比較

3種類のスタイルによる最高疾走速度の値を表3に示した。最高疾走速度について、前型  $9.20 \pm 0.34$  m/s、基準型  $9.21 \pm 0.33$  m/s、後型  $9.21 \pm 0.33$  m/s であった。どのスタイル間も有意な差は見られなかった。

### 第3節 最高疾走速度発現地点の比較

3種類のスタイルによる最高疾走速度発現地点の値を表4に示した。最高疾走速度発現地点について、前型  $45.00 \pm 5.92$  m、基準型  $45.50 \pm 6.69$  m、後型  $46.00 \pm 8.00$  m であった。どのスタイル間も有意な差は見られなかった。

### 第4節 反応時間、0歩目のタイム、離足時間の比較

3種類のスタイルによる反応時間、0歩目のタイム、離足時間の値を表5に示した。反応時間について、前型  $0.22 \pm 0.04$  秒、基準型  $0.24 \pm 0.03$  秒、後型  $0.22 \pm 0.06$  秒であった。どのスタイル間も有意な差は見られなかった。

0歩目のタイムについて、前型  $0.16 \pm 0.03$  秒、基準型  $0.16 \pm 0.03$  秒、後型  $0.16 \pm 0.02$  秒であった。どのスタイル間も有意な差は見られなかった。

離足時間について、前型  $0.26 \pm 0.05$  秒、基準型  $0.26 \pm 0.05$  秒、後型  $0.26 \pm 0.05$  秒であった。どのスタイル間も有意な差は見られなかった。

## 第5節 膝関節角度、股関節角度及び身体前傾角度の比較

膝関節角度、股関節角度および身体前傾角度の値を表6に示した。膝関節角度について、用意姿勢時における前足膝関節角度は、前型  $108.87 \pm 11.81$  度、基準型  $108.55 \pm 14.12$  度、後型  $103.00 \pm 13.06$  度であり、後足膝関節角度は、前型  $115.25 \pm 11.34$  度、基準型  $121.00 \pm 15.86$  度、後型  $121.81 \pm 14.07$  度であった。前足膝関節角度及び後足膝関節角度はどのスタイル間も有意な差は見られなかった。

股関節角度について、用意姿勢時における前足股関節角度は、前型  $49.37 \pm 7.57$  度、基準型  $47.82 \pm 7.25$  度、後型  $46.13 \pm 9.17$  度であり、後足股関節角度は、前型  $60.15 \pm 8.01$  度、基準型  $66.96 \pm 8.85$  度、後型  $72.06 \pm 9.77$  度であった。用意姿勢時における前足股関節角度はどのスタイル間も有意な差は見られなかった。後足股関節角度は、後型は前型に比べ有意に大きく ( $p < 0.01$ )、基準型は前型に比べ有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。ブロッククリアランス時における前足股関節角度は、前型  $140.66 \pm 10.15$  度、基準型  $143.44 \pm 6.83$  度、後型  $142.37 \pm 8.07$  度であり、後足股関節角度は、前型  $69.39 \pm 11.07$  度、基準型  $68.80 \pm 10.24$  度、後型  $69.39 \pm 8.55$  度であった。ブロッククリアランス時における前股関節角度及び後股関節角度はどのスタイル間も有意な差は見られなかった。

身体前傾角度について、ブロッククリアランス時は、前型  $36.08 \pm 1.81$  度、基準型  $35.98 \pm 2.06$  度、後型  $36.21 \pm 1.48$  度であり、第1歩目離地時は、前型  $42.16 \pm 2.43$  度、基準型  $43.11 \pm 3.05$  度、後型  $42.47 \pm 2.13$  度であった。ブロッククリアランス時及び第1歩目離地時はどのスタイル間も有意な差は見られなかった。

## 第6節 6歩目までのピッチ及びストライドの比較

3種類のスタイルによるピッチ及びストライドの値を表7に示した。6歩までの各歩平均ピッチの値及び1歩目から6歩目までの各歩の値はどのスタイル間も有意な差は見られなかった。

また、6歩までの各歩平均ストライドの値及び6歩累計距離、1歩目から6歩目までの各歩の値はどのスタイル間も有意な差は見られなかった。

## 第6章 考察

本研究は、競技者に最も多く用いられている BS を用い、ブロックの FP 位置が異なるスタイルによる SD が最高疾走速度と最高疾走速度発現地点に与える変化を比較検討し、BS の特性を明らかにすることを目的とした。SD の特性を決める FP 位置を変化させたことによる影響について測定したデータから検討し、それぞれの特性を考察する。

その結果、3種類のスタイルによる 60m 疾走タイム、最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点はどのスタイル間も有意な差は見られなかった。

このことから、本研究被験者（10.75～12.10 秒、学生短距離競技者）において、BS スタイルの範囲内における基準 FP 位置から後足 FP を前後へ 7cm 変化させることは、60m 疾走タイム、最高疾走速度、最高疾走速度発現地点に影響を与えないことが明らかとなった。傾向として、前後の FP 間隔が大きくなるにしたがって最高疾走速度発現地点はより後半であった。

3種類のスタイルによる反応時間、0歩目のタイム及び離足時間については、どのスタイル間も有意な差は見られなかった。野原ら<sup>14)</sup>は、反応時間は ES、MS、BS による差異はないと報告しており、本研究は BS の範囲内でも差異はないと野原らの報告を支持し、より明確にする結果となった。また、野原ら<sup>14)</sup>は両足 FP 間隔が小さいほど離足時間は早くなると報告しており、本研究とは異なる結果となった。このことから、BS の範囲内で FP 間隔が変化しても離足時間は変わらない特性があると考えられる。

3種類のスタイルによる膝関節角度、股関節角度及び身体前傾角度については、用意姿勢時の後足股関節角度において有意な差がみられたが、走りに影響を与えなかった。傾向として、前後の FP 間隔が大きくなるにしたがって前足膝関節角度が小さくなるのに対し、後足膝関節角度は大きくなり、前足と後足で膝関節角度は逆の変化であった。また、前後の FP 間隔が大きくなるにしたがって前足股関節角度が小さくなるのに対し、後足股関節角度が大きくなり、前足と後足で股関節角度は逆の変化にな

る傾向であった。

3種類のスタイルによる身体前傾角度は、ブロッククリアランス時においてFP間隔が基準型より7cm前後する前型及び後型は身体前傾角度が大きくなり、身体が起き上がる傾向にあった。また、第1歩目離地時においてFP間隔が基準型より7cm前後する前型及び後型は身体前傾角度が小さくなり、低い姿勢になる傾向にあった。

3種類のスタイルによるピッチ及びストライドについては、1～6歩目まで有意な差は見られなかった。野原ら<sup>14)</sup>はFP間隔を小さくすると身体前傾角度は低くなり、上に飛び上がる要素が小さくなり、間隔が大きくなると身体が起き上がりストライドが小さくなると報告しているが、本研究では身体前傾角度とストライドで差が見られなかったことから異なる結果であったと考えられる。

今後の課題として、試技回数が少なかったこと、被験者が少なかったこと、場所(条件)を統一することができなかったことがあげられる。今回は限られた条件の中で行われたため、少ない試技回数であったが研究を進めていくことで、より正確な特性を出すことができると考える。

## 第7章 結論

本研究により、BSスタイルの範囲内における基準FP位置から後足FPを前後へ7cm変化させることは、最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点に影響を与えないことが明らかとなった。また、反応時間、0歩目のタイム、離足時間、膝関節角度、身体前傾角度、ピッチ、ストライドにも影響を与えないことが明らかとなった。用意姿勢時における後足股関節角度に変化が見られたが走りに影響を与えないことが明らかとなった。よってBSスタイルはBS範囲内において走りを変化しない特性であることが明らかとなった。

傾向として、前後のFP間隔が大きくなるにしたがって最高疾走速度発現地点はより後半になり、前膝関節角度は小さくなり、後膝関節角度は大きくなり、前股関節角度は小さくなる特性が見られた。

## 第8章 要約

【諸言】陸上競技短距離 100m 走は最高疾走速度がゴールタイムと高い相関関係にあり、最高疾走速度発現地点もゴールタイムに影響が大きいと報告されている。最高疾走速度を高め、発現をよりレース後半にすることは記録向上につながる。そのため、加速局面の始まりである SD に着目し、SD における加速方法の違いが最高疾走速度と発現地点に変化を与えると考えた。スタートはこれまでの研究で1つのスタイル範囲内の特性が報告されていなく、また FP 位置を変えることで起こる最高疾走速度及び発現地点の変化を比較したものではなく、検討をする必要があると考えた。

【目的】本研究は、競技者に最も多く用いられている BS に着目し、BS の特性を BS の範囲内で比較するため、ブロックの FP 位置が異なる SD が最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点に与える変化を比較検討し、BS の特性をより詳細に明らかにすることを目的とした。

【方法】被験者は、BS を使用する陸上競技短距離種目を専門とする男子大学生 18 名と男子高校生 2 名の計 20 名であった。実施は平成 24 年 8 月 27 日と 28 日に陸上競技場で行った。被験者が通常行っている FP 位置を基準に、スタートラインから前足 FP までの距離は基準から変えず、基準から前方に後足 FP を 7cm 移動させたスタイル、基準から後方に後足 FP を 7cm 移動させたスタイル、基準スタイルの 3 種類のスタイルで 60m 全力疾走を実施し、高速度カメラで撮影した後、分析した。

【結果および考察】BS スタイルの範囲内における基準 FP 位置から後足 FP を前後へ 7cm 変化させることは、最高疾走速度及び最高疾走速度発現地点に影響を与えないことが明らかとなった。また、反応時間、0 歩目のタイム、離足時間、膝関節角度、身体前傾角度、ピッチ、ストライドにも影響を与えないことが明らかとなった。用意姿勢時における後足股関節角度に変化が見られたが走りに影響を与えないことが明らかとなった。

【結論】BS スタイルは BS 範囲内において走りを変化しない特性であることが明らかとなった。

## 謝辞

本研究に参加していただいた順天堂大学陸上競技部、国士舘大学陸上競技部、聖学院高校陸上競技部の生徒ならびに保護者の方、また実験に際し協力していただいた陸上競技研究室の荒井アジアさん、青木邦成さん、アドバイスをいただいた柳谷登志雄先生に厚く御礼申し上げます。そして、修士論文作成にあたり長時間に渡る時間を取り、手厚く指導してくださった佐久間和彦先生に心から感謝を申し上げます。

## 引用文献一覧

- 1) 羽田雄一, 阿江通良, 榎本靖士, 法元康二, 藤井範久(2003). 100m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化. バイオメカニクス研究. 7(3), 193-205
- 2) Winfried Vonstein , Frank Lehmann(1996). どうすればスプリントのスピードアップが可能か (その1). 陸上競技研究. 30, 56-63
- 3) 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の関係. 体育学研究. 43, 260-273
- 4) 松尾彰文, 広川龍太郎, 柳谷登志雄, 土江寛裕, 杉田正明(2008). 男女 100m レースのスピード変化, バイオメカニクス研究. 12(2), 74-83
- 5) 貴嶋孝太, 福田厚治, 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). 男女短距離選手のスタートダッシュ動作、世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術, 第 11 回世界陸上競技選手権大会, 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書. 24-38
- 6) 渡木正光、秋田真介、金高宏文(2000). 100m 走における疾走速度曲線の縦断的分析—最大疾走速度に影響する加速区間はどこか?. 日本スプリント学会第 11 回大会発表資料,
- 7) 阿江通良, 鈴木美佐緒, 宮西智久, 岡田英孝, 平野敬靖(1994). 世界一流スプリンターの 100m レースパターン分析—男子を中心に—. 第 3 回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告. 世界一流陸上競技者の技術. ベースボースマガジン社, 14-28
- 8) 太田涼, 有川秀之(1999). 100m レースの中の疾走速度、ピッチ、ストライドの変化について—日本と世界一流選手との比較—. 陸上競技研究. 37(2), 8-16
- 9) Svan Michel(2001).Der Startist (fast) alles.Leichtathletik.No,24. スタートが(ほとんど)すべて(2002). 陸上競技研究. 49(2), 39-42



- 10) Sylvie Fortier, Fabien A, Basset, Ginette A. Mbourou, Jerome Faverial and Normand Teasdale(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. (2010). 陸上競技研究. 81(2), 61
- 11) 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(4), 13-21
- 12) 大村邦英(2010). もっとうまくなる!陸上競技. 東京, ナツメ社, 40-41.
- 13) 佐々木秀幸(2005). 図解コーチ陸上競技. 東京, 成美堂出版, 11-13.
- 14) 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, B:自然科学. No.50, 38-49
- 15) 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
- 16) 伊藤宏, 青木賢一, 田中秀幸(1979). 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. 第30号, 15-22
- 17) 嶋田義明, 尾懸貢, 関岡康雄(1997). “用意”の姿勢の変化がスタートに及ぼす影響について—腕と脚にかかる体重の比重に着目して—. 陸上競技研究. 29(2), 33-38
- 18) 加藤橘夫・築田 秀治(1959). クラウチング・スタートの第1歩時の姿勢について. 体育学研究. 4(1), 127
- 19) B.Gajer, C.Thepaut-Mathieu, and D.Lehenaff(1999).Evolution of stride and amplitude during course of the 100m event in athletics,*New Studies in Athletics* 14(1):43-50. (2010). 陸上競技研究. 81(2), 60
- 20) 伊藤浩志, 村木征人, 森本吉謙, 杉林孝法(2003). スプリント走における加速方法の違いが中間疾走局面の疾走スピードに及ぼす影響. 日本体育学会大会号. 54,541
- 21) 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(1), 44-50

- 22) 篠原康男, 前田正登(2011). 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. スポーツ産業学研究. 21(2), 217-228.
- 23) 古藤高良, 浅川正一, 武政喜代次, 小佐文雄, 山西哲郎(1969). スタートの実験的研究. 体育学研究. p264, 13-5, 527
- 24) Mero A, Luhtanen P, Komi P. V. (1983). A biomechanical study of the sprint start. Scand Journal Sports Science. 5(1):20-28
- 25) 佐久間和彦, 柳谷登志雄, 杉浦雄策, 杉田正明(2008). 陸上競技 4×100m リレーにおけるオーバーハンドパスとアンダーハンドパスの特性の比較. 陸上競技研究. 72(1), 14-21
- 26) 貴嶋孝太, 福田厚治, 伊藤章(2008). 一流短距離選手のスタートダッシュ動作に関するバイオメカニクス的研究. バイオメカニクス研究. 12(2), 84-90
- 27) 内山了治, 坂田洋満, 渡辺誠一, 田邊潤, 川久保洋一(2003). 傾斜走路を利用したクラウチング・スタートの動作分析. スプリント研究. 13, 28-39

英文要約

A study of the bunch start in sprint running

—Comparing the characteristics when the foot plate of the starting block changes  
in position—

Akira Yamamoto

**【Background】** It has been reported than in the 100m sprint running, the goal time is highly correlated with the maximum speed, and that the time the maximum speed emerges also greatly effects the goal time. Increasing the maximum speed and marking the point of maximum speed to the end of the race will improve records. Therefore, the focus was on the start dash which is the beginning of the acceleration phase, and that the difference in this would change the maximum speed and its point of emergence. Starting characteristics within one style has not been reported in previous studies. In addition, the comparison of the difference that appears when alternating the position of the foot plate in maximum speed and its point of emergence was lacking so there was felt there is a need to consider.

**【Purpose】** This study focuses on the “bunch start”. Short distance athletics events starts tend to use the “bunch start” and to compare the results within the realm of the “bunch start”, comparing the difference that the position of the foot plate causes in maximum speed and its point of emergence, was needed the purpose was to clearly show the characteristics of the “bunch start” in detail.

**【Methods】** The subjects were 18 university and 2 high school male students who specialize in short distance. It was carried out on an athletic field on 27th and 28th August 2012. Based on the position of the foot plate the subjects always used, the distance between the start line to the front foot plate were made the same. The tests were carried out in 3 styles. The back foot plate moved forward 7cm from the base position, the hind foot plate moved backwards 7cm from the base position and the base position. The subjects were to run 60m with all their strength and were

filmed on a high speed camera and then analyzed.

**【Conclusions】**From the analysis, changing the hind foot plate 7cm to the back and to the front from the base position of the foot plate does not affect the maximum speed and its point of emergence. Moreover, the reaction time, the step 0 time, the time release of leg, the knee joint angle, the forward bent posture angle, pitch, and stride does not affect the results either. There was a change in the hind hip joint angle during start position, but it did not affect the results. Style start address that does not change driving characteristics in the start address range has become clear. In conclusion, the “bunch” starting style does not affect the running ability in the realm of the “bunch” starting style.

図表一覧

表1、被験者の属性及びフットプレート間隔

	年齢 (歳)	身長(cm)	体重(kg)	100m自己記録 (秒)	スタートラインから 前足FPまでの距離(cm)	FPの前後距離 (cm)
被験者(n=20)	20.00 ± 1.75	173.18 ± 6.56	66.20 ± 5.78	11.36 ± 0.46	53.00 ± 5.79	17.85 ± 3.57
	Mean±SD					

400mトラック図が入ります

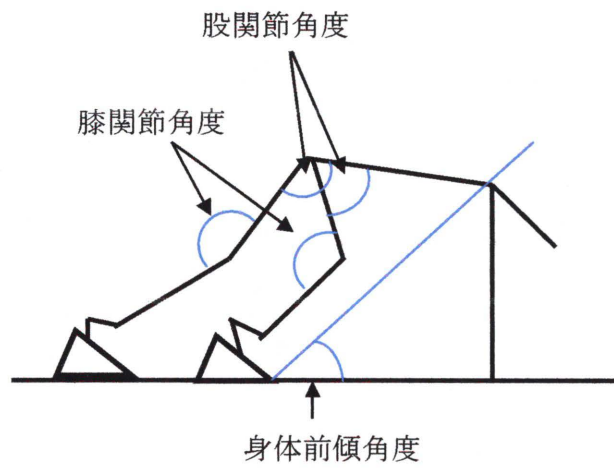
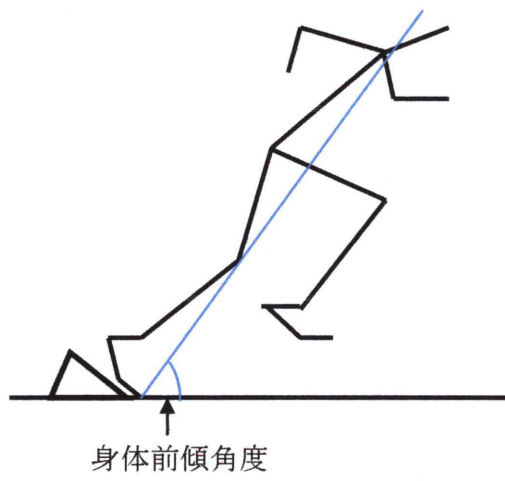


图 2、膝關節角度、股關節角度、身体前傾角度

表 2、60m疾走タイム、各地点通過タイム、各区间ラップタイム

	前型	基準型	後型	分散分析
全体(n=20)				
60m疾走タイム(秒)	7.58 ± 0.22	7.56 ± 0.21	7.56 ± 0.21	n.s.
各地点通過タイム(秒)				
10m	1.93 ± 0.06	1.93 ± 0.06	1.92 ± 0.06	n.s.
20m	3.15 ± 0.08	3.14 ± 0.08	3.13 ± 0.08	n.s.
30m	4.27 ± 0.12	4.26 ± 0.11	4.26 ± 0.11	n.s.
40m	5.37 ± 0.15	5.36 ± 0.14	5.36 ± 0.14	n.s.
50m	6.47 ± 0.19	6.45 ± 0.18	6.45 ± 0.18	n.s.
60m	7.58 ± 0.22	7.56 ± 0.21	7.56 ± 0.21	n.s.
各区间ラップタイム(秒)				
0~10m	1.93 ± 0.06	1.93 ± 0.06	1.92 ± 0.06	n.s.
10~20m	1.22 ± 0.03	1.21 ± 0.03	1.21 ± 0.03	n.s.
20~30m	1.13 ± 0.04	1.13 ± 0.04	1.13 ± 0.04	n.s.
30~40m	1.10 ± 0.03	1.09 ± 0.04	1.10 ± 0.03	n.s.
40~50m	1.09 ± 0.04	1.09 ± 0.04	1.09 ± 0.04	n.s.
50~60m	1.12 ± 0.04	1.11 ± 0.04	1.11 ± 0.04	n.s.

Mean±SD



表 3、最高疾走速度

	前型	基準型	後型	分散分析
全体(n=20)				
最高疾走速度(m/秒)	9.20 ± 0.34	9.21 ± 0.33	9.21 ± 0.33	n.s. Mean±SD

表 4、最高疾走速度発現地点

	前型	基準型	後型	分散分析
全体(n=20)				
最高疾走速度発現地点(m)	45.00 ± 5.92	45.50 ± 6.69	46.00 ± 8.00	n.s.
				Mean±SD

表 5、反応時間、0 歩目のタイム、離足時間

	前型	基準型	後型	分散分析
全体(n=20)				
反応時間 (秒)	0.22 ± 0.04	0.24 ± 0.03	0.22 ± 0.06	n.s.
0 歩目のタイム (秒)	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.02	n.s.
離足時間 (秒)	0.26 ± 0.05	0.26 ± 0.05	0.26 ± 0.05	n.s.
	Mean±SD			

表 6、膝関節角度、股関節角度、身体前傾角度

	前型	基準型	後型	分散分析
全体(n=20)				
膝関節角度 (度)				
用意姿勢 前膝	108.87 ± 11.81	108.55 ± 14.12	103.00 ± 13.06	n.s.
用意姿勢 後膝	115.25 ± 11.34	121.00 ± 15.86	121.81 ± 14.07	n.s.
股関節角度 (度)				
用意姿勢 前股関節	49.37 ± 7.57	47.82 ± 7.25	46.13 ± 9.17	n.s.
ブロッククリアランス時	140.66 ± 10.15	143.44 ± 6.83	142.37 ± 8.07	n.s.
用意姿勢 後股関節	60.15 ± 8.01	66.96 ± 8.85	72.06 ± 9.77	前型<後型(p<0.01)、前型<基準型(p<0.05)
ブロッククリアランス時	69.39 ± 11.07	68.80 ± 10.24	69.39 ± 8.55	n.s.
身体前傾角度 (度)				
ブロッククリアランス時	36.08 ± 1.81	35.98 ± 2.06	36.21 ± 1.48	n.s.
1歩目離地時	42.16 ± 2.43	43.11 ± 3.05	42.47 ± 2.13	n.s.

Mean±SD

表7、ピッチ、ストライド

	前型	基準型	後型	分散分析
全体(n=20)				
ピッチ (歩/秒)				
1 歩目	2.99 ± 0.31	3.03 ± 0.32	2.97 ± 0.28	n.s.
2 歩目	4.11 ± 0.39	4.00 ± 0.30	4.07 ± 0.34	n.s.
3 歩目	4.14 ± 0.29	4.13 ± 0.32	4.15 ± 0.30	n.s.
4 歩目	4.32 ± 0.29	4.34 ± 0.29	4.34 ± 0.26	n.s.
5 歩目	4.33 ± 0.27	4.34 ± 0.34	4.32 ± 0.31	n.s.
6 歩目	4.42 ± 0.27	4.37 ± 0.21	4.41 ± 0.26	n.s.
6歩平均値	4.05 ± 0.21	4.04 ± 0.22	4.04 ± 0.20	n.s.
ストライド (m)				
1 歩目	0.57 ± 0.13	0.57 ± 0.10	0.57 ± 0.11	n.s.
2 歩目	1.06 ± 0.10	1.05 ± 0.10	1.08 ± 0.09	n.s.
3 歩目	1.23 ± 0.10	1.24 ± 0.10	1.24 ± 0.12	n.s.
4 歩目	1.35 ± 0.09	1.34 ± 0.11	1.36 ± 0.12	n.s.
5 歩目	1.50 ± 0.10	1.47 ± 0.11	1.48 ± 0.11	n.s.
6 歩目	1.58 ± 0.13	1.57 ± 0.12	1.58 ± 0.13	n.s.
6歩平均値	1.21 ± 0.09	1.21 ± 0.09	1.22 ± 0.09	n.s.
6歩合計距離	7.29 ± 0.54	7.25 ± 0.53	7.31 ± 0.56	n.s.

Mean±SD