

令和元年5月29日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12979

研究課題名(和文)子どもの走運動の指導に資した足の着地に関する研究

研究課題名(英文)A study on the children's foot-strike patterns in sprinting to improve their sprinting movements

研究代表者

前田 正登 (Maeda, Masato)

神戸大学・人間発達環境学研究所・教授

研究者番号：90209388

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：走運動においては、接地局面での脚の動かし方が同様であっても着地タイプが同一タイプであるとは限らない。対象が子どもである場合、疾走中における足の着地様式は、各被験者間や各試技間で異なるだけでなく、最大疾走速度に到達している区間の各歩においても変化する可能性があり、さらに、一定期間の前後においても着地様式は変容する可能性が示唆された。ごく普通の小学生において、疾走速度の向上を目的として動作の改善を図る場合、接地様式のみを変えようと指導することは適切ではない。身体各部が協調した合理的な動作を理解させ獲得させることが重要であろう。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スポーツにおける運動・動作を指導する際には、選手のフォームを改善することに主眼が置かれる。しかし、フォームとして見えている現象は、手足を動かそうとした結果として表れている形(フォーム)に過ぎず、疾走中における足の着き方も、足が着地する時点の足と地面との位置関係を表しているだけに過ぎない。本研究では、疾走における足の着地方法は、走動作全体の経時的な流れの中で習得していくべき技術であるとの立場から、疾走中における脚の動かし方と足の着地方法の関係を考究したもので、ランニングおよびスポーツの指導のあり方に一石を投じるものである。

研究成果の概要(英文)：In the sprinting, although the pattern of movement in the foot contact phase was the same, the type of landing was not necessarily consistent. For the children, the foot-strike pattern during sprinting was not only different between the participants and among the trials, but also changes in each step of the phase reaching the maximum running speed. Furthermore, even after a few months have passed, the foot strike pattern during sprinting might be change. For elementary school students to improve their sprinting movements -- and by extension, their sprinting speed -- it is necessary for them learn how to coordinate the movements of different parts of their body in addition to improving their foot-strike pattern.

研究分野：スポーツに関する指導方法

キーワード：スポーツ指導 子ども 走運動 足の接地

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

陸上競技の走種目において記録向上を成し得るには、走る技術そのものを改善することが必要不可欠である。疾走中の選手が前方への推進力を得ることができるのは足が地面に接しているときのみであり、接地中に生じる諸現象を解明することは記録向上に直結する可能性がある。最近、マラソンなどの長距離種目で、日本人の選手が踵部から着地している選手が多いのに対して、アフリカ勢の選手の中には前足部から着地している選手がいるとの報告（高嶋：ケニア人長距離選手のランニング動作における着地方法とパフォーマンスの関係について，2013）があり、足の接地様式が一部の長距離種目における記録向上に大きく関係している可能性がある（中雄ほか：長距離走における接地動作の違いがパフォーマンスに及ぼす影響，2014）とも言われている。このように、走運動において疾走中の足が地面に接している接地期間の足と地面の関係（翁・小池：異なる接地様式のランナーにおけるシューズ機能の動力的な評価，2012）について検討することは、パフォーマンスの向上を目指す上で有意義であると考えられる。

これらトップアスリート対象のランニングにおける足の着地に関する報告がある一方で、一般成人や子どもたち、あるいは、将来のトップを目指すジュニアアスリートを対象にした研究はあまり見当たらない。さらに、トップアスリートではない初級者・初心者を対象に、ランニングや疾走に関する指導をする中で、足の着地方法を改善することのパフォーマンスへの効果を検証しようとした研究は見当たらない。

### 2. 研究の目的

本研究では、ランニングにおける足の着地方法とパフォーマンスとの関係を明らかにするとともに、初級者を対象に足の着地方法を変えることによるパフォーマンスへの影響を検討するものである。本研究にあたっては、まず、一般成人を対象に、ランニングにおける走速度を段階的に変化させ、各走速度において足が地面に接地している間の足底圧がどのように変化するかを明らかにする（研究課題）。その上で、子どもを対象にランニングにおける足の着地方法を明らかにし（研究課題）、一定期間後の着地方法との比較を通してそれら着地方法とパフォーマンスとの関係を検討する（研究課題）。これら一連の研究によって、ランニングにおいて、走速度によっては足の地面への着き方が変わることで、また、ランニングの初級者ではそれらが一定期間の後に変わり得ることを実証するものである。

### 3. 研究の方法

#### 研究課題

#### (1) 被験者および実験の方法

被験者は大学陸上競技部に所属する男子選手6名とした。実験を行うにあたり、被験者には本実験の要旨をあらかじめ説明し参加の同意を得た。

被験者には、十分なウォーミングアップの後、実験試技として平坦な走路上にて、ジョギングペースから全力疾走まで、10段階の主観的努力度（以下、努力度）を設定し、各設定の努力度で40m走を行わせた。各設定の努力度での試技は1本とし、10段階を1セットとして、これを2セット行わせ、合計20本の試技を行わせた。なお被験者には、疲労の影響が無いように試技間に任意で休息を与えた。

スタート後30m地点から37m地点までの7m区間における被験者の疾走動作を、2台の高速ビデオカメラ（Phantom Miro, Nobby Tech社）を被験者の右側方に設置して、250fps（露光時間1/1000秒）で撮影した。測定試技にあたっては、被験者全員が各被験者の足のサイズに合わせたシューズ（アクト303, ラッキーベル社）でソールを薄く加工したものを着用し、シューズ内には足底圧力分布測定システム（Fスキャン, ニッタ社: 750Hz）のセンサシートを挿入して試技を行わせた。また、疾走開始から30m地点に到達するまでの歩数をカウントするために、走路の右前方にビデオカメラを設置し、疾走全体を撮影した。

#### (2) 分析および分析項目

収録された映像をもとに、撮影区間内で右足が地面と接している時間区間を分析対象とし、2次元動作解析ソフトウェア（Frame-DIAS, DKH社）を用いて分析を行った。

本研究では、収録された映像から右足が地面に触れた瞬間と判断できるフレームおよび足底圧力分布システムのデータから算出される地面反力が10Nを上回ったフレームを着地時とし、足が地面から離れたと判断できる直前のフレームおよび地面反力が10Nを下回る直前のフレームを離地時とした。

動作分析によって得られた身体各部の位置座標および足底圧力分布システムによって得られた圧力の時間変化データを元に、走速度、着地角度、荷重中心位置、および、鉛直方向の地面反力値などの項目を算出した。

#### 研究課題

#### (1) 被験者および実験の手順

被験者は、全力疾走に支障のない健常な小学校6年生4名とした。なお、本実験は、本学研究科研究倫理審査委員会の承認のもと、事前に本実験の担当教諭および各クラスの担任教諭に実験の主旨や内容を十分に説明した上で、担任教諭を通じて被験者となる児童に説明し了承を得た上で実施した。また実験当日には、再度、験者から児童に実験の主旨および内容に関する

説明を行い、体調等を確認した上で実験を実施した。

被験者には、十分なウォーミングアップの後、実験試技として平坦な走路上にて、全力疾走で40m走を2回行わせた。各試技のスタートにはスタンディングスタートを用い、被験者にはスタート後の約30mから約37mまでの約7m区間に最大速度になるように指示した。また、疲労の影響が無いように被験者には試技間に任意で休息を与えた。

スタート後の約30m地点から約37m地点までの約7m区間における被験者の疾走動作を2台の高速度ビデオカメラ(Phantom Miro ,Nobby Tech社)を用いて、250fps(露光時間1/1000)で撮影した。測定試技にあたっては、被験者全員が各被験者の足のサイズに合わせたシューズ(ステップ101,ラッキーベル社)を用い、シューズ内には足底圧力分布測定システム(Fスキャン,ニッタ社:750Hz)のセンサシートを挿入して試技を行わせた。

#### (2) 分析方法および分析項目

収録された映像をもとに、研究課題に倣い同様の方法で分析を行った。分析項目についても研究課題に倣い、走速度、着地角度と着地距離、接地局面における下肢の関節角度、鉛直方向の足底圧積分値など7項目の値を算出し分析に用いた。

### 研究課題

#### (1) 被験者と実験試技および測定方法

被験者は健康な小学5年生の男女を1名ずつの計2名であった。実験を行うにあたり、研究課題と同様に、被験者および保護者に本実験の要旨をあらかじめ説明して参加の同意を得た。

被験者には十分なウォーミングアップの後、実験試技として平坦な走路における50m走を行わせた。スタートはスタンディングスタートとし試技は2回とした。シューズは、同一規格(Vアップ01,ラッキーベル社)で、被験者の足のサイズに合ったものを使用させた。また、1回目の実験(以下1st)から3か月後に、2回目として再度同様の実験(以下2nd)を行った。

被験者には、シューズ内に足底圧分布測定システム(Fスキャン,ニッタ社)のセンサシートを挿入し、データロガーを身体に装着した状態で実験試技を行わせた。これら測定システムを用いて、疾走中の足底圧の時間変化を、1stでは480Hz、2ndでは750Hzで測定した。また、被験者の疾走動作を、走路の右側方に設置した2台のデジタルカメラ(EX100F,CASIO社)を用いて240fps(露光時間は1/1000秒)で撮影した。なお、疾走開始からの歩数を特定するため、疾走全体の様子を右後方よりビデオカメラで撮影した。

#### (2) 分析方法および分析項目

収録された映像をもとに、研究課題に倣い同様の方法で分析を行った。分析項目についても研究課題に倣い、走速度や着地角度と着地距離、鉛直方向の足底圧積分値など7項目の値を算出し分析に用いた。

先行研究(Payne,1983;前田,1999;高橋ほか,2000;田中ほか,2015;水島ほか,2016)を参考に、被験者の着地様式を、RFS(踵着地)、Flat(フラット着地)、MFS(中足部着地)およびFFS(前足部着地)のいずれの段階かに分類した。分類の判別にあたっては、デジタルカメラの映像による場合と足底圧力分布測定システムによる場合の2種類を別々に示した。

## 4. 研究成果

### 研究課題

各被験者はいずれも走速度が増大するに伴って着地時角度は減少し、着地パターンは走速度によって異なっていた(Fig.1)。走行中において、膝関節をより屈曲させた状態や足関節をより底屈させた状態で着地すれば、着地角度は減少する。本研究の結果では、着地時の膝関節角度はsubj.Eを除く5名の被験者において、走速度が増大するに伴って有意に減少していたが、足関節角度はすべての被験者において有意な関係は認められなかった。また、走速度と着地角度に有意な相関が認められなかったsubj.Eのみが走速度の増大と膝関節角度の減少に有意な相関関係がみられず、さらに、すべての被験者において走速度の増大に伴って着地時の足関節角度は増大したが有意な相関関係は認められなかった。これらのことから、着地角度の減少には足関節角度の増大による影響もあるものの、膝関節角度の減少による影響がより大きいのではないかと考えられる。

また被験者ごとにもみると、着地角度の減少と同様に、着地時の荷重中心位置は走速度の増大に伴って前方へ移動しており、着地の様式は2種類ないしは3種類と明確に分類されるものではなく、個人の走速度によって少しずつ変化するものではないかと考えられる。

したがって、走速度を変化させることによって着地動作は変化し、走速度の増大に伴って着地位置はより前方により外側へと変化していく傾向があることが明らかとなった。

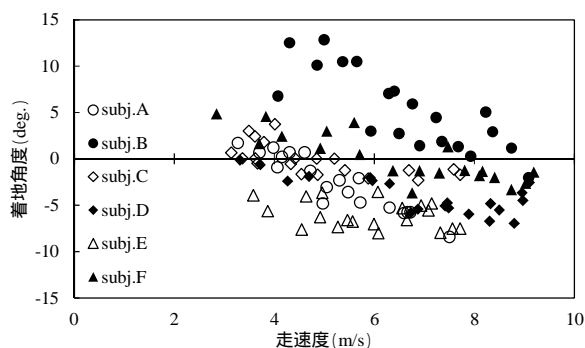


Fig. 1 走速度と着地角度の関係

また本実験の結果では、踵付近からの着地で地面反力の時間変化が二峰性となる着地様式，中足部および前足部付近から着地した後に踵付近にまで荷重がかかる二峰性の着地様式，および，中足部および前足部付近から着地し地面反力の時間変化が単峰性となる着地様式の3つが認められた。前田（1999）は，着地直後に鉛直方向のピークがみられた「かかと型」と比べて着地直後にピークがみられなかった「つま先型」では，着地直後の進行方向に対する力がすぐに後方向へと変化していたと報告している。より高い走速度で疾走するには後方への地面反力を大きくする必要があり，その点では，荷重中心位置の後方への移動距離が短い単峰性の地面反力の波形となる着地様式が適していると推察される。中足部および前足部付近で着地し，なおかつ，足関節角度を変化させずに踵付近に荷重をかけることなく離地に至ることが，より高い走速度での疾走に適した動きであると推察される。

### 研究課題

被験者はいずれも小学校6年生であり，同学年の全国平均値と比較して，体格や疾走能力についてもごく平均的なレベルであった。

各被験者は，同一被験者の試技間ではもちろん，被験者間においてもほとんど差が無く，接地局面全体における下肢動作としては，全試技で同様の動作となっていた。しかし，接地局面前半における足底圧中心位置や足底圧積分値の時間的な挙動は，試技によっては明確に異なっていた。先行研究（前田，1999；高橋ほか，2000）に倣い被験者の全試技の接地様式をタイプ分けすれば，Subj.Bは「つま先」着地型，Subj.AやSubj.Cは「かかと」着地型に相当するものと考えられる。ただし，Subj.Dについては，試技によっては分類されるタイプが異なることになり，着地タイプは被験者ごとに分類するのではなく，試技ごとに分類することが妥当であると示唆される。

また，Fig.2で示されるように，つま先型であってもかかと型であっても，着地から0.06 - 0.07秒が経過して以降の時間的挙動に大差は無かった。この「0.06 - 0.07秒が経過した時点」とは，大転子点からつま先までの距離がほぼゼロとなる時点に相当する。つまり，被験者の疾走動作を側方から見た場合，大転子点を身体重心位置とみなせば，接地局面での脚の動かし方が同様であっても着地のタイプが同一タイプであるとは限らず，また，着地タイプがいずれであっても，それぞれの着地タイプに属していることが，接地局面後半の疾走動作には影響することが無いとも考えられる。

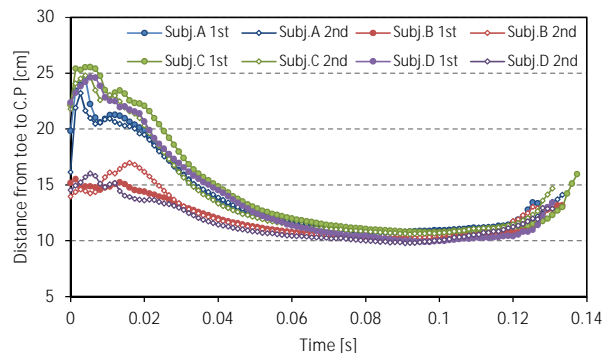


Fig.2 足底圧中心位置の時間変化(足長方向)

### 研究課題

映像を元に定性的に判別する方法に加え，足底圧測定システムの出力結果を元に定性的に判別する方法により，全試技の各歩について接地様式の判別を行った。結果は，全31ケースのうち11ケース，全体の約35%に相当する歩数分において，映像による方法が測定システムによる方法よりも前足部寄りの箇所に着地するタイプに判別されていた（Table1）。観察や目視のみでも接地様態の全体的な傾向を把握することは可能であるが，1人ひとりについて観察・目視で各歩の接地様式の詳細に明らかにすることは困難であり，足底圧測定システムのような定量的な観点を加えることでより正確な判別が可能になるものと考えられる。

前田（2018）は接地様式を判別する際に，試技ごとに異なるタイプに属する被験者が存在したことから，被験者ごとではなく試技ごとに判別することが妥当であると報告している。本実験では同一被験者の同一試技においても，1歩ごとに接地様式が異なることが見られた。本実験の分析対象区間が最大疾走速度に到達していた区間であった可能性が高いことから，小学生の接地様式は，被験者ごと，試技ごとに異なるだけでなく，最大疾走速度到達区間の各歩においても変化する可能性が示唆された。

2回の測定を行ったSubj.SとSubj.Dの結果では，疾走速度はともに1stより2ndの方が高かった。また，Subj.Dの2ndにおけるピッチは1stに比べてわずかに高かったが，Subj.Sで

Table 1 接地様式の判別に関する一致度

Subject	1st / 2nd	n			
S	1st	6	4	1	1
	2nd	6	4	2	0
M	1st	6	5	1	0
	2nd	-----	-----	-----	-----
D	1st	7	4	3	0
	2nd	6	3	3	0
Total		31	20	10	1

:映像と足底圧測定システムによる判別が一致  
 :映像による判別が測定システムより1段階下がる場合  
 :映像による判別が測定システムより2段階下がる場合



は1stに比べて低かった。一方、ストライドは両者ともに2ndの方が1stに比べて大きかった。これらのことから、2名の疾走速度の増大にはストライドの増大が大きく影響していたものと考えられる。

Subj.Dの疾走動作について、1stに比べて2ndでは、着地時の体幹角度が大きく、着地距離や接地時間および減速時間は短くなっていった。つまり、上体を前傾させて重心の真下に近い位置に着地したことにより、減速時間が短縮され、疾走速度が増大したものと推察される。Subj.Dの2ndは、疾走能力が極めて高い児童、もしくは、スプリンターの疾走動作により近い動作で疾走していたと考えられる。Subj.Mは1回のみ測定ではあるが、その試技のストライドは大きくはないものの、ピッチが被験者の中で最も高く疾走速度は高かった。また疾走動作については、着地時の体幹角度は大きくないものの、着地距離や接地時間および減速時間は短かった。これらの結果から、Subj.MはSubj.Dの2ndと同様に重心の真下に近い位置に着地していたと推察されるが、着地後には地面を蹴ってストライドを大きくすることをせずに離地し、短い滞空時間で次の着地に至るといったピッチ優先の疾走動作になっていたものと考えられる。Subj.Sについては、Subj.Dと同様に着地時の体幹角度は1stより2ndの方が大きかったものの、着地距離や接地時間および減速時間は長く滞空時間が減少しており、むしろSubj.Dとは逆の変化となっていた。Subj.Sの2ndでは、上体を前傾させつつ遊脚を大きく前方に振り出してやや過大なストライドで着地しながらも、着地後にはストライドを大きくするように身体重心の上下動を抑えながらしっかりと後方に地面を蹴ることによって、疾走速度を大きくしていたものと推察される。

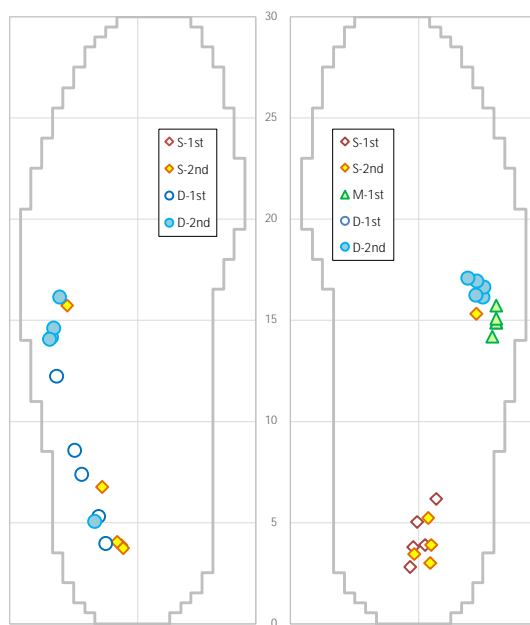


Fig.3 着地時における接地面の幾何学的中心位置

Subj.Dの接地様式は1stでは左右両足ともにFlatまたはRFSであったが、2ndではMFSまたはFFSがやや多く、特に右足においてFFSが支配的で、1stと2ndで接地様式には明確な差異が見られた。また、Subj.Sでは1stと2ndで接地様式に大きな違いは見られずRFSが支配的であり、Subj.MではMFSが支配的な接地様式であった。Subj.Dの2ndは1stに比べてよりスプリンターに近い合理的な疾走動作に近づけるようにして疾走速度を増大させており、接地様式も前足部で着地することが多かった。他方、Subj.Sは1stと2ndで接地様式がほとんど変化しておらず、Subj.Dとは異なる動作変容によって2ndの疾走速度がより高くなったと推察された。また、Subj.Mのように、重心の真下に近い位置に踵部ではなく前足部や中足部から着地していても、スプリンターに近い合理的な疾走動作になっているとは限らないことが示された。

これらのことを踏まえると、一般の小学生における疾走能力の向上を図るのであれば、接地様式に偏重して指導することは適切ではないと考えられる。子どもを対象に走運動を指導する際には、単に接地様式のみを変化させようとするのではなく、走運動に関わる身体各部を協調させた合理的な動作を理解させ獲得させることが重要であると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

前田 正登、吉村 知紗、子どもの疾走における走動作と足の接地様態に関する事例研究、身体行動研究、査読無、8巻、2018、17 - 27

DOI: 10.24546/81010697

前田 正登、小学校6年生における最大疾走速度時の足の接地様態、身体行動研究、査読無、7巻、2019、33 - 38

DOI: 10.24546/81010697

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。