

100m走中間疾走中における接地パターン：
小学校5・6年生について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-04-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田中, 秀一, 澤田, みさ妃, 田邊, 章乃 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/9934

100m走中間疾走中における接地パターン

— 小学校5・6年生について —

福井大学教育地域科学部 田 中 秀 一
 東京都江戸川区立第二葛西小学校 澤 田 みさ妃
 福井大学大学院教育学研究科 田 邊 章 乃

日本陸上競技連盟公認の正式な陸上競技会において、100m走種目に出場した小学校5年生男子68名と女子68名、6年生男子78名と女子44名の計258名を対象にした。最高疾走速度を發揮する中間疾走を、支持脚足底のどの部分から接地していたのかを明らかにすることを目的とした。陸上競技会の100m走に出場した小学校高学年選手は、体育授業で行うよりもはるかに多く専門的な短距離走の指導を受けるとともに、練習も行っていると推測できる。このような選手から得られた結果は、体育授業で行う短距離走の指導に役立つ示唆を得ることができると考える。支持脚足底の接地を前足部接地（FFS）、中足部接地（MFS）および後足部接地（RFS）の3パターンに分類した。さらに、足底の一部が接地してから足底が離地するまでの接地時間を比較した。男子では3パターンがほぼ等しく用いられていたのに対して、女子ではRFSが非常に多く用いられておりFFSとMFSは少なかった。接地時間はFFSとMFSがRFSよりも有意（ $p < 0.05$ または $p < 0.01$ ）に短く、FFSとMFSには差が認められる場合と認められない場合があった。100m走記録と接地パターンの分布は、速い記録にFFSが必ずしも多いとは限らず、RFSでも速い記録の選手やFFSでも遅い記録の選手が見られた。県大会レベルの競技会に出場している小学校高学年選手では、短距離選手が用いているFFSパターンとは異なり、その傾向は女子の場合に著しかった。疾走速度は歩幅と歩数頻度の積で決定し、相互に影響を及ぼし合っている。接地時間が短いFFSは歩数頻度を高めることができるが、疾走速度の發揮には必ずしも結び付かなかったと考えられる。このような結果から小学校高学年の体育授業では、最高疾走速度を發揮することができる合理的な歩幅と歩数頻度の関係、そして身体各部の協調した動作を学習するべきではないかと考える。

キーワード：接地パターン、小学校高学年、短距離走、100m走

I. はじめに

走運動は、ヒトにとって最も基本的な運動のひとつであり、身体を片脚で支える支持期（接地期）と身体が空中にある非支持期（滞空期）とに分けられる。小学校体育における陸上運動系は、第1学年及び第2学年の低学年では「走・跳の運動遊び」として、第3学年及び第4学年の中学年では「走・跳の運動」として、第5学年及び第6学年の高学年では「陸上運動」として、それぞれ小学校学習指導要領（以後、指導要領と略す）（文部科学省, 2008a）に領域付けられている。そして、小学校学習指導要領解説体育編（以後、解説体育編と略す）（文部科学省, 2008b）には、低学年では30～50m程度のかげっこを「…中略…蛇行して走ったり、まっすぐに走ったりすること」、中学年では40～60m程度のかげっこを「前後に腕を大きく振って走ること」、「まっすぐ前を見て体を軽く前傾させて走ること」、高学年では50～80m程度の短距離走を「上体をリラックスさせて全力で走ること」のように、それぞれの内容が例示されている。

短距離を全力で走るとは、最高疾走速度を發揮する

能力を表し、可能な限り高めた最高疾走速度を維持して走ることが目的となる。短距離走として100mを疾走する場合には、速度ゼロの静止状態からスタートして急激に疾走速度を高め（加速期）、中間地点あたりで最高疾走速度に達してしばらく維持した（速度維持期）後に、漸減しながら（減速期）フィニッシュラインに到達する。100mを疾走するのに要する時間（秒）は、最高疾走速度と負の相関関係にあることが、世界一流選手（阿江ほか, 1994）から中高年齢マスターズ選手（田中と印牧, 2004; 2005）に至るまで、さらに小学5・6年生の選手（加藤ほか, 2002）についても明らかにされている。より高い疾走速度を發揮するためには、高い筋出力のみならず速度に変換する合理的な疾走フォームが重要である。

小学6年生の選手と一般児童を比較した加藤ほか（2001）は宮丸ほか（1992）と同様に、優れた疾走能力を發揮した選手は低い疾走能力の児童よりも、高い身長で身体質量も顕著に大きく、高い脚筋力を有しているのを明らかにしている。疾走動作についても選手は、大腿部を引き上げる速度や脚全体を後方へスウィングする速

度が高いといった、疾走能力の高い成人の走動作（伊藤ほか, 1998；斎藤と伊藤, 1995）と類似した特徴がある。一方、接地時における支持脚の膝関節屈曲が大きい、遊脚の大腿部を高く引き上げている、遊脚の膝関節屈曲角度が小さい、といった異なる特徴なども報告している。

身体各部の協調した動作によって産み出された力を、地面に対して加えることができ、疾走速度の変化に直接的な影響を及ぼすのは支持期だけである。一般的に、短距離疾走中ではつま先が反り上がった専用スパイクシューズの形状が示すごとく、足部が地面に最初に接地するのは、踵が地面に接地しないように上げた状態で親指の付け根付近(拇指球)から、あるいは小指の外縁部から拇指球に向かって前足部が接地する。その後、地面から足に加わる外力によって踵部は、接地部を中心にして回転しながら地面へ接地しようとする。Payne (1983) は前足部からと踵部からの接地によって、地面反力の波形パターンすなわち、地面に加わる力のパターンに相違が生じることを明らかにしている。最高疾走速度を可能な限り高くして、その速度を維持して走ることが目的となる短距離走においては、前足部からの接地が解説体育編（文部科学省, 2008b）の述べる「合理的な動き」になるのである。

日本陸上競技規則に準拠して実施される陸上競技会に出場する小学校高学年選手は、体育授業で行うよりもはるかに多く100m走の指導を受けるとともに、練習も行っていると推測できる。このような選手は支持脚の足底のどの部分から接地して、最高疾走速度を發揮する中間疾走を行っていたのかを明らかにすることを目的とした。得られた結果は、体育授業で行う短距離走の「合理的な動き」の指導に、役立つ示唆を得ることができると考えらる。

II. 方法

1) 対象とデータ収集方法

福井県内で2013年に実施された公認陸上競技会（表1）において、100m走に出場した小学校5・6年生の男子と女子の選手を対象にした。

表1. 収録した公認陸上競技会

月 日	競 技 会
7月28日	坂井地区陸上競技夏季記録会
10月13日	小学生陸上競技秋季記録会
10月27日	坂井地区陸上競技秋季記録会

主催者に撮影意図を説明して許可を得た上で、三脚に取り付けたビデオカメラ（グラウンドからの高さ45cm）を、メインスタンド下のグラウンドに設置した。疾走中の支持脚の足接地部位判別と接地時間算出には、ハイスピードデジタルビデオカメラ（Exilim EX-F1；CASIO, 撮影スピード毎秒300コマ、露出時間1/1000秒）を用

いて、50m地点を真横から撮影した。さらに、足部のみの映像から選手を特定するために、ナンバーカードを含む全身を、デジタルビデオカメラ（HDR-CX 630V；SONY, 撮影スピード毎秒60コマ）を用いて、フィニッシュ付近の斜め前方から撮影した。

複数の競技会に出場した競技者は、最も良い記録を達成した競技会の結果をデータとして用いた。映像が他の競技者と重なって、接地を判別できなかった人数を除いた合計258名（表2）が分析対象になった。

表2. 対象者の人数（名）と100m走の平均記録と標準偏差（秒）

性別	学年	人数	100m走平均記録
男子	5年生	68	15.60±0.94
	6年生	78	14.80±1.10
女子	5年生	68	16.34±1.04
	6年生	44	15.27±0.96

2) 接地部位を判別するためのビデオカメラを設置した地点

50m走を用いた小学生の疾走能力や最高疾走速度發揮時における疾走動作についての報告（末松ほか, 2008；加藤ほか, 2001；加藤ほか, 1999）では、35mから40m地点にビデオカメラを設置している。また、疾走速度の変化を指標として、児童を対象にした短距離走指導には45mが適正距離である（伊藤と野中, 2000）。小学校6年生の100m走では、30m地点で最高疾走速度に達してその後は漸減する（加賀谷, 1978）。最高疾走速度には5年生男子は40m前後、5年生女子は35m前後で達する（小木曾と天野, 1994；小木曾ほか, 1997）などの報告がある。陸上競技会の100m走において10m毎に計測した速度変化は、全国大会出場レベルで60mまでであるが、県大会出場レベルで50mまでが最高疾走局面である（加藤ほか, 2002）と報告されている。

以上のように、最高疾走速度に達するのに要した距離とその速度を維持している距離を考慮したのと、同一時刻に複数の種目が実施される陸上競技会運営に支障を及ぼすことなく、目的とする支持脚の接地映像を得ることが可能であったのが50m地点であった。

3) 測定項目

真横からの接地映像をパソコン（Lenovo G570）に取り込み、映像編集ソフト（EDIUS Neo3）を用いて接地部位の判別と接地時間（足底の一部が走路に接地してから離れるまでの時間）の算出を行った。接地部位は、Nett（1964年）を初めとした報告（Hasegawaほか, 2007；Lieberman, 2012；Kasmerほか, 2013）に用いられた分類に従って、以下の3パターンに分類した。

1) 前足部接地(Forefoot Strike；F F S)と略す)：拇指球付近からつま先(前足部)が最初に接地して踵

(後足部)は接地しない、あるいは前足部が接地した後に足底全体が接地する(図1 a~e)。または、小指外側縁が最初に接地して接地部位が拇指球付近に移動した後に、足底全体が接地するあるいは接地しない(図2 a~e)。

- 2) 中足部接地(Midfoot Strike ; MFSと略す) : 拇指球付近から踵(後足部)が同時に接地する(図3 a~e)。
- 3) 後足部接地(Rearfoot Strike ; RFSと略す) : 踵(後足部)が最初に接地して、つま先(前足部)に向かって足底全体が接地する(図4 a~e)。

接地時間 : 接地映像(撮影スピード毎秒300コマ)の、足底の一部が接地した瞬間から地面を離れるまでの時間を算出した。

4. 統計処理

使用した3パターンについてはカイ2乗検定法を、接地時間の比較は対応のない2群間の平均の差検定法をそれぞれ用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。

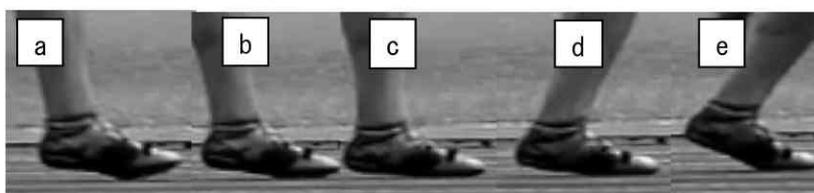


図1 a~e. 拇指球付近からの前足部接地 (Forefoot Strike : FFS)

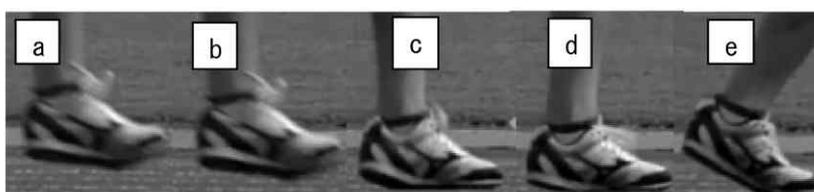


図2 a~e. 小指外側縁からの前足部接地 (Forefoot Strike : FFS)

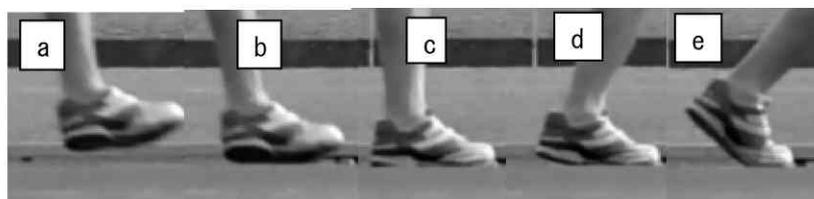


図3 a~e. 中足部接地 (Midfoot Strike : MFS)

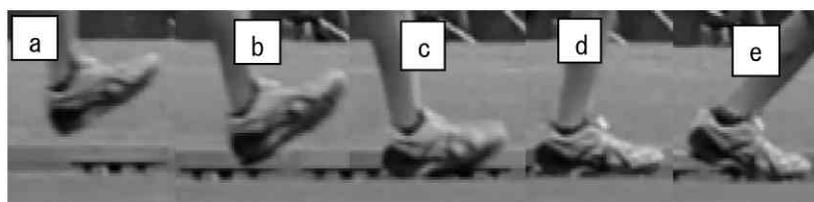


図4 a~e. 後足部接地 (Rearfoot Strike : RFS)

表3. 接地パターン毎の人数と(%)

性別	学 年	F F S	M F S	R F S
男子	5年生 (N=68)	30 (44.1%)	22 (32.4%)	16 (23.5%)
	6年生 (N=78)	26 (33.3%)	26 (33.3%)	26 (33.3%)
女子	5年生 (N=68)	6 (8.8%)	15 (22.1%)	47 (69.1%)
	6年生 (N=44)	8 (18.2%)	10 (22.7%)	26 (59.1%)

表4. 接地パターン毎の接地時間の平均±SD (秒)

性別	学年	F F S	M F S	R F S	有意差
男子	5年生	0.118±0.011	0.124±0.009	0.133±0.010	※1, ※2
	6年生	0.113±0.009	0.118±0.011	0.133±0.012	※1
女子	5年生	0.123±0.006	0.126±0.013	0.140±0.011	※1
	6年生	0.118±0.011	0.128±0.008	0.136±0.013	※1, ※2

※1はF F SとM F SそれぞれがR F Sよりも短時間, ※2はF F SがM F Sよりも短時間

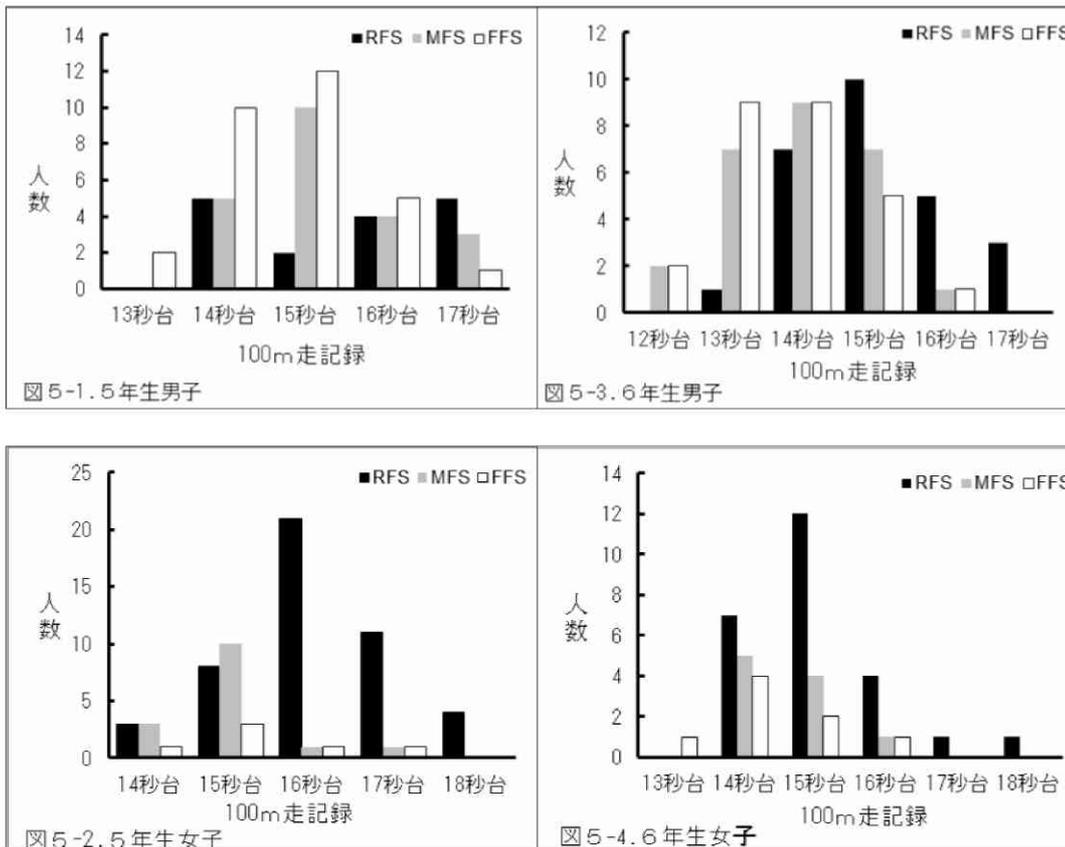


図5-1~4. 100m走記録と接地パターンの分布

III. 結果

小学校高学年選手が100m走の中間疾走中に、用いた支持脚の足底接地パターンである前足部接地 (F F S)、中足部接地 (M F S) および後足部接地 (R F S) それぞれの人数と%を表3に示した。女子は5年生 ($\chi^2=40.970$, $df=2$, $p<0.01$) と6年生 ($\chi^2=13.272$, $df=2$, $p<0.01$) とともに、3パターン間に有意差が認められ、R F Sが5年生の69.1%と6年生の59.1%を占めて、両学年を合わせると約65%がR F Sであった。一方、男子には3パターン間に有意差が認められなかった。

足底の一部が接地した瞬間から、地面を離れるまでの時間である接地時間 (秒) の平均値と標準偏差を表4に示した。平均値の差を検定した結果、男子と女子の5年生と6年生のいずれも、F F SがR F Sよりも、またM F SがR F Sよりも、それぞれ有意 ($p<0.05$ または $p<0.01$) に短い接地時間であった。しかし、5年生男子と

6年生女子はF F SがM F Sよりも有意 ($p<0.05$) に短かったが、6年生男子と5年生女子には差は認められなかった。

100m走記録と接地パターンの分布を、図5-1~4に示した。速い記録に必ずしもF F Sが多いとは限らず、R F Sでも速い記録の者やF F Sでも遅い記録の者が見られた。

IV. 考察

個人が持つ最も速い移動手段である全速疾走は、能力の差こそあるものの身体に特別な障害がない限り、誰にでもできる容易な身体運動である。疾走速度は発生させた生理的エネルギーを、身体各部の動作を協調させて機械的エネルギーに変換して地面に加えることで発揮されるために、疾走速度の変化に直接的な影響を及ぼすのは支持期だけである。公認陸上競技会の100m走種目に出

場した小学校高学年の男子と女子の選手が、可能な限り速く走るという運動課題を達成するために、中間疾走中の支持脚の足底を接地したパターンは前足部接地 (FFS)、中足部接地 (MFS) および後足部接地 (RFS) のすべてが用いられていた。男子と女子ではその傾向に相違がみられ、男子では3パターンがほぼ等しく用いられていたのに対して、女子ではRFSを用いた人数とその割合 (%) が約65%を占め非常に多かった。成人男女の一流選手はともに、すべてが前足部接地であった報告 (Nett, 1964; Krell & Stefanyshyn, 2006) とは異なった。さらに、男女の一流短距離走者 (伊藤ほか, 1998) と優れた短距離走能力を持つ6年生 (加藤ほか, 2001) の支持脚接地瞬間の足関節角度について、図あるいは表中の数値からFFSであったと推定できる結果とも異なった。

加藤ほか (2001) は1990年から1993年までの全国小学生陸上競技交流大会において、6年生時に100m走種目で入賞した男子10名 (Sprinter群) と小学校6年生の一般男子児童31名 (Control群) を対象に、50m全力疾走時における支持脚の足関節角度変化を比較した。接地時の足関節角度 (101.0 ± 16.7 度と 83.5 ± 4.8 度) と接地中の足関節最大屈曲角度 (85.4 ± 10.9 度と 77.0 ± 6.1 度) は、Sprinter群がControl群よりもそれぞれ有意に大きかったが、離地時の足関節角度 (116.2 ± 15.3 度と 111.5 ± 6.3 度) には差が認められなかった。どのような接地パターンであったかは記録されていないために接地時、接地中そして離地時の足関節角度変位から推察すると、Sprinter群の接地は足関節が伸展したFFSで、離地時の角度変位が少ない固定された状態であった。これに対して一般男子児童であるControl群は、足関節が屈曲した状態のMFSあるいはRFSであり、離地時の角度変位が多い所謂「あそび」がある状態であったと考えられる。伊藤ほか (1998) は男女一流短距離走者の100m走レースを分析して、疾走速度と疾走動作の関係における足関節の役割は、疾走速度の高い選手ほど接地局面の足関節屈曲変位と伸展変位が少ない足関節が固定された状態で、脚全体のスウィング動作によるキック力を短い時間内にそのまま地面に伝達することであると指摘している。2000年シドニー・オリンピックの100m走レース中に、支持脚の足接地をハイスピードVTR撮影したKrell & Stefanyshyn (2006) は、疾走中における振り下ろし足 (支持脚の足) の中足指趾骨 (MTP) 関節が背屈する動き (本研究のFFSと同様) と、100m走パフォーマンスに相関関係が高いことを報告している。

男子と女子の5年生と6年生のいずれも、接地時間はFFSがRFSよりも、またMFSがRFSよりも、それぞれ有意 ($p < 0.05$ または $p < 0.01$) に短かった。しかし、5年生男子と6年生女子ではFFSの接地時間がMFSよりも有意 ($p < 0.05$) に短かったが、5年生女子と6年生男子には差は認められなかった。RFSでは方法の図4-a~eに示したごとく、踵が最初に接地した後

はつま先に向かって足底全体が接地して、踵の離地に続いてつま先が離地するといった踵からつま先に向かう回転運動のように足底が動くので、足関節動作の範囲が大きく接地時間は長くなる。このような足関節を屈曲し伸展する動作は、身体重心の上下動を生じさせる原因となり、水平方向に速度を発揮することに負の作用をする (斉藤と伊藤, 1995)。FFSやFFSと接地時間に差がないMFSの短い接地時間は、歩数頻度 (ピッチ) を高めることができる可能性がある一方、RFSの長い接地時間は歩数頻度の低下に繋がり易い。疾走速度は歩幅と歩数頻度の積であるが、歩数頻度は高くても歩幅が小さければ、逆に歩数頻度は低くても歩幅が大きければ疾走速度は遅くなったり速くなったりもする。このような理由によって、100m走記録と接地パターンの分布に一定の傾向がなかったのではないかと考えられる。

FFSで足底が接地した直後の支持期前半 (図1-cと図2-c) では、下腿後面に在る下腿三頭筋と総称される腓腹筋とヒラメ筋は強制的に伸張されながら、伸張性の筋収縮 (Eccentric Contraction) によって着地時の衝撃を受け止めその後、引き続いて短縮性の筋収縮 (Concentric Contraction) が行われて身体を推進させる働きをする。伸張性筋活動から直ちに短縮性筋活動に切り替わる筋活動は、Stretch-Shortening Cycle (SSC) 運動と呼ばれ、筋は伸張後に短縮すれば休息状態や等尺性収縮 (Isometric Contraction) 状態からの短縮よりも大きな張力を発揮できる。この現象は、伸張性筋活動中に筋や腱に弾性エネルギーが蓄積され、続く短縮性筋活動時に蓄積された弾性エネルギーが放出・利用されるためである (Komi & Bosco, 1978; Komi, 1984)。全速疾走時ではFFSによってSSCの働きを有効に利用できる一方で、下腿後面の筋群は強く大きな伸張性筋活動を繰り返す強制される。このような動作が、筋痛を発生させる (Newhamほか, 1982; 寺田ほか, 2001) 原因になることが知られている。下腿後面の筋群と同様に、足底屈筋群も支持期前半では伸張性の筋収縮によって接地にともなう衝撃力を吸収し、後半では短縮性の筋収縮により身体を推進させるのと、歩幅を大きくするのに貢献している (阿江ほか, 1986; 馬場ほか, 2000)。足底屈筋群を含めた下腿三頭筋の発育・発達程度に走者間の相違があったのではないかと、あるいは産み出した生理的エネルギーを、疾走速度に変換できる身体各部の動作を協調させることが不十分であったのではないかと、などが接地パターンの分布に一定の傾向がなかった原因として考えられる。

V. 体育授業への示唆

短距離走に関する研究の多くは、優れた能力を持つ選手だけを分析したり、速い者とそうでない者を比較することによって優れた選手の特徴を明らかにしようとしたり、競技会において実際のレースにおける多数の選手の

動作を分析することによって、疾走動作と疾走速度との相関関係に基づき、高い疾走速度を発揮する優れた選手の疾走動作の特徴を明らかにしようとした(阿江ほか, 1994; 伊藤ほか, 1998; 加藤ほか, 2001; 宮丸ほか, 1992)。明らかにされた特徴は前述したごとく、伊藤ほか(1998)による成人と加藤ほか(2001)による小学校6年生の特徴とは、必ずしも共通しない特徴であったが、支持脚の足接地パターンと深くかかわる足関節について「足関節の動作範囲が大きいすなわち、足首を柔らかく使ったキックをしない」や「つま先まで伸ばしたキックはしない」は共通している。陸上競技会における100m走に出場した小学校高学年の選手についての本研究の結果は、優れた能力を持つ選手や小学生が用いる支持脚接地時の足関節の様子と異なっていた。さらに男子と女子では、用いた支持脚の足接地パターンも異なった。

体育授業ではどのような力を持った児童にも効果的に、学習成果が挙げられるような授業内容であることが必要である。その際、授業内容は短距離走記録が早いか遅いかだけでなく、解説体育編(文部科学省, 2008c)の考え方にに基づき、児童が短距離走に親しみをもちながら、喜びを味わえる授業を展開していく中で「合理的な動作」、「合理的な運動の行い方」によって疾走能力を向上させる学習が求められる。そのためには、短距離走に関する意識や関心を深めるとともに、合理的な歩幅と歩数頻度の関係と筋一腱の役割を考慮に入れた動作を意図的に学習することが、疾走能力の向上に不可欠であると考えられる。

VI. まとめ

正式な陸上競技会における100m走種目に出場した小学校5年生男子68名と女子68名、6年生男子78名と女子44名の計258名を対象にして、最高疾走速度を発揮する中間疾走を、支持脚足底のどの部分から接地していたのかを明らかにすることを目的とした。支持脚足底の接地を前足部接地(FFS)、中足部接地(MFS)および後足部接地(RFS)の3パターンに分類した。さらに、足底の一部が接地してから足底が離地するまでの接地時間を比較した。

結果は以下のとおりである。

- 1) 男子では3パターンがほぼ等しく用いられていたのに対して、女子ではRFSが非常に多く用いられておりFFSとMFSは少なかった。
- 2) 接地時間はFFSとMFSがRFSよりも有意($p < 0.05$ または $p < 0.01$)に短く、FFSとMFSには差が認められる場合と認められない場合があった。
- 3) 100m走記録と接地パターンの分布は、速い記録にFFSが必ずしも多いとは限らず、RFSでも速い記録の選手やFFSでも遅い記録の選手が見られた。
- 4) 県大会レベルの競技会に出場している小学校高学年選手では、短距離選手が用いているFFSパターンとは異なり、その傾向は女子の場合に著しかった。

このような結果から小学校高学年の体育授業では、最高疾走速度を発揮することができる合理的な歩幅と歩数頻度の関係、そして身体各部の協調した動作を意図的に学習するべきではないかと考える。

付記

本研究は、共著者が福井大学教育地域科学部卒業研究のために収集したデータを、再検討・再構成し直したものである。尚、第4回福井県スポーツ医科学研究大会(於: 福井商工会議所, 2015年11月1日)にて、研究の一部を口頭発表した。

謝辞

研究の意図を理解し、VTR撮影を快諾していただきました(一財)福井陸上競技協会ジュニア普及部には、ここに記して厚く御礼申し上げます。

文献

- 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レースパターンの分析—男子を中心に—. 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編, 世界一流陸上競技者の技術. ベースボールマガジン社, 東京: 14-28.
- 阿江通良・宮下 憲・横井孝志・大木昭一郎・渋川侃二(1986): 機械的パワーからみた疾走における下肢筋群の機能および貢献度. 筑波大学体育科学系紀要, 9: 229-239.
- 馬場崇豪・和田幸洋・伊藤 章(2000): 短距離走の筋活動様式. 体育学研究, 45: 186-200.
- Hasegawa, H., Yamauchi, T., and Kraemer, W. J. (2007): Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *J. Strength Cond. Res.*, 21: 888-893.
- 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走動作と速度との関係. 体育学研究, 43: 260-273.
- 伊藤 宏・野中基之(2000): 児童・生徒を対象にした短距離走指導における適切な距離について. *スプリント研究*, 10: 1-11.
- 加賀谷 彦彦(1978): エネルギー需給関係からみたrunningの特性. 体育の科学, 28: 28-33.
- Kasmer, M. E., Liu, X., Roberts, K. G., and Valadao, J. M. (2013): Foot-strike pattern and performance in a marathon. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 8: 286-292.
- 加藤謙一・佐藤里枝・内原登志子・杉田正明・小林寛道・岡野 進(2002): 小学生スプリンターにおける短距離走の適正距離の検討. 体育学研究, 47: 231-241.
- 加藤謙一・宮丸凱史・松元 剛(2001): 優れた小学生

- スプリンターにおける疾走動作の特徴. 体育学研究, 46 : 179-194.
- 加藤謙一・宮丸凱史・松元 剛・秋間 広 (1999) : ジュニアスプリンターの疾走能力の発達に関する縦断的研究. 体育学研究, 44 : 360-371.
- Komi, P. V. (1984) : Physiological and biomechanical correlates of muscle function : Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 12 : 81-117.
- Komi, P. V., and Bosco, C. (1978) : Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med. Sci. Sports*, 10 : 261-265.
- Krell, J. B., and Stefanyshyn, D. J., (2006) : The relationship between extension of the metatarsophalangeal joint and sprint time for 100m Olympic athletes. *J. Sports Sci.*, 24 : 175-180.
- Lieberman, D. E. (2012) : What we can learn about running from barefoot running: An evolutionary medical perspective. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 40 : 63-72.
- 宮丸凱史・加藤謙一・久野譜也・秋間 広 (1992) : 疾走能力の優れた児童の疾走フォーム. 動きとスポーツの科学. 北川 薫(編), 杏林書院 : 東京, 222-229.
- 文部科学省 (2008a) : 小学校学習指導要領. 第9節 体育, 東京書籍 : 東京, 92-101.
- 文部科学省 (2008b) : 小学校学習指導要領解説 体育編. 第3章 各学年の目標及び内容. 東洋館出版社 : 東京, 22-85.
- 前掲書(2008c) : 小学校学習指導要領解説 体育編. 第2章 体育科の目標及び内容. 東洋館出版社 : 東京, 9-21.
- Nett, T. (1964) : Foot plant in running. *Track Technique*, 15 : 462-463.
- Newham, D. J., Mills, K. R., Quigley, B. M., and Edwards, R. H. T. (1982) : Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clini. Sci.*, 64 : 55-62.
- 小木曾一之・串間敦郎・安井年文・青山清英 (1997) : 全力疾走時にみられる疾走スピードの変化特性. 体育学研究, 41 : 449-462.
- 小木曾一之・天野義裕 (1994) : スプリント走の特性が生かされる至適条件—疾走能力の発達から—. *J. SPORTS SCI.*, 13 : 115-123.
- Payne, A. H. (1983) : Foot to ground contact forces of elite runners. In : Matsui, H. and Kobayashi, K. (Eds.) *Biomechanics VIII-B. Human Kinetics : Champaign, IL.*, 746-753.
- 斉藤昌久・伊藤 章 (1995) : 2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化. 体育学研究. 40 : 104-111.
- 末松大喜・西嶋尚彦・尾縣 貢 (2008) : 男子小学生における疾走能力の指数と疾走中の接地時点の動作との因果構造. 体育学研究, 53 : 363-373.
- 田中秀一・印牧司人 (2004) : 中高年齢者の100m走中間疾走局面における最高速度, 歩数頻度および歩幅の加齢にともなう変化. *陸上競技紀要*, 17 : 12-19.
- 田中秀一・印牧司人 (2005) : 中高年齢女性の100m走中間疾走局面における最高速度, 歩数頻度および歩幅の加齢にともなう変化. *陸上競技研究紀要*, 1 : 8-15.
- 寺田和史・向井直樹・宮本俊和・宮永 豊 (2001) : エキセントリック運動により生じた遅発性筋痛に対する鍼刺激の効果. *体力科学*, 50 : 583-592.

Foot-strike pattern at full speed phase during a 100 m race :In fifth- and sixth-grade elementary school children

Shuichi TANAKA, Misaki SAWADA, and Takano TANABE

Keywords: foot-strike pattern, elementary school children, sprint performance, 100 m race

