

## ハーフマラソンレース中におけるランナーの接地パターン

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-01-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田中, 秀一, 井上, 裕生, 田邊, 章乃 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10098/10325">http://hdl.handle.net/10098/10325</a>

# ハーフマラソンレース中におけるランナーの接地パターン

田中 秀一\*<sup>1</sup> 井上 裕生\*<sup>2</sup> 田邊 章乃\*<sup>3</sup>

(2017年10月2日 受付)

## 要 約

ハーフマラソンレース中の日本人一般ランナーを対象にして、接地パターンの実態を明らかにすることを目的とした。14.9km地点において、左側面からランナーの膝から下をデジタルVTR撮影(300fps)した。両足の接地を判別することができたのは、男性(1,000名)と女性(254名)の計1,254名であった。男性と女性を含めると95.7%が後足部接地(RFS), 1.8%が中足部接地(MFS), 0.1%が前足部接地(FFS)そして2.5%が右足と左足の接地パターンが異なる混合接地(SFS)であった。しかし、撮影地点を通過した順位200位ごとにグループ分けすると、1~200位までのグループは86.0%がRFS, 8.5%がMFS, 0%がFFSそして5.5%がSFSであったが、201位以降のグループは96.0%~100%がRFS, 0%~1.0%がMFS, 0%~0.5%がFFSそして0%~4.0%がSFSであった。接地パターンの占める比率は、上位200位までと201位以降では異なる傾向であった。すなわち、一般ランナーの速いランナーにはMFSが見られるが、そうではない大部分のランナーはRFSであるのが実態であろう。

キーワード：接地パターン・ハーフマラソン・後足部接地・中足部接地・前足部接地

## I. はじめに

ランニングを行う距離や時間が長いか短いに関わらず、ランニング速度は全身の筋群が収縮することによって産み出された生理的エネルギーが、下肢、体幹および上肢を含む身体各部位の運動を起こす機械的エネルギーに変換され、それらの運動が統合されて地面(走路)に加えられた力の結果として発揮される。ランニングには身体を片脚で支える接地期と身体が空中にある滞

---

\*<sup>1</sup> 福井大学教育・人文社会系部門教員養成領域

\*<sup>2</sup> シンガポール日本人学校クレメンティ校

\*<sup>3</sup> 福井大学大学院教育学研究科教科教育専攻保健体育領域

空期があり，地面に力を加えることができる唯一の身体部位が，接地期に地面と接している足である。このように接地期がランニング速度の変化に直接に影響を及ぼすために，足をどのようにして地面と最初に接するかは，速度の発揮にかかわる重要な技術のひとつである。Nett（1964）は，エリート選手が実際のレース中に行う接地の様子を撮影（64fps）した。その結果，100mと200mでは接地部位が第5指の中足骨骨頭部（小指の付け根）付近から拇指球部にかけてであったのに対して，1500mを超えてマラソンまでは踵骨部から拇指球部にかけてであった。このように，ランニング速度が遅くなるにしたがって地面と最初に接地する足底の部位が，前部から後部へ移行することを明らかにし，レースの距離（ランニング速度）と足底の接地部位には密接な関係があると報告した。

一方，長期間にわたり長距離ランニングを実施した結果，下肢部に発生するランニング障害の増加と関連して，足底のどの部分で地面と最初に接するべきかについて報告（Liebermanほか，2010；Daoudほか，2012；Lieberman，2012；Perlほか，2012）されている。シューズを履いたランニングでは，ランニング速度が遅いか速いかに関わらず，シューズ底のどの部分が地面と最初に接地するかは，一般的に以下のごとく3パターンに分類されている（Cavanagh and Laforune，1980；Kerrほか，1983；Hasegawaほか，2007；Larsonほか，2011；Altman and Davis，2012；Daoudほか，2012；Lieberman，2012；Kasmerほか，2013；Breineほか，2014）。すなわち，1）後足部接地（Rearfoot Strike：RFS），2）中足部接地（Midfoot Strike：MFS）そして3）前足部接地（Forefoot Strike：FFS），である。実験的には力量板を使用して，接地時の足底に加わる圧の中心位置（COP：Center of Pressure）あるいは，踵からつま先までの長さを足長（100%）として0-33%がRFS，34-67%がMFSそして68-100%がFFSのごとく，圧の中心が踵から何%の位置にあるかを表すStride Index（SI）で接地パターンが判別される（Cavanagh and Laforune，1980；Altman and Davis，2012；Breineほか，2014）。

実際のロードレースでの接地パターンは，側方からの画像を目視によって判別されている。フレーム数（fps）は，Nett（1964）の64fpsとKerrほか（1983）の60fpsを除いて，高速度（240～500fps）のデジタルVTR画像（Hasegawaほか，2007；Liebermanほか，2010；Larsonほか，2011；Kasmerほか，2013）が用いられている。10kmレースの9km地点（628名）および，マラソンの20kmと35km地点（125名）で調査したKerrほか（1983）は，9km地点で81%そして20kmと35km地点で79%と82%がRFSであり，残りがMFSであったと報告した。さらに，より速いランナーほどMFSが多かったとも報告した。出場するための標準記録が設定されていた札幌国際ハーフマラソンの15km地点で，オリンピック出場選手を含むエリートランナー（男性248名と女性35名）を調査したHasegawaほか（2007）は，男性と女性それぞれ74.2%と80.0%がRFS，25.6%と17.1%がMFSそして0.2%と2.9%がFFSであり，男女を含めると74.9%がRFS，23.7%がMFSそして1.4%がFFSであったと報告した。Kerrほか（1983）と同様に，通過順位が上位の速いランナーほどMFSが多かった。Larsonほか（2011）はハーフマラソンとマラソンの

10km 地点 (936 名), そしてマラソンの 32km 地点 (286 名) で調査した。その結果, 10km 地点では 88.9 % が RFS, 3.4 % が MFS, 1.8 % が FFS そして SFS (左右で接地パターンが異なる) が 5.9 % であった。また, 10km 地点での RFS (87.8 %) が 32km 地点では 93.0 % に, MFS は 3.1 % から 3.5 % へ, FFS は 1.4 % から 0 % へ, SFS は 7.7 % から 3.5 % へとそれぞれ変化した。10km 地点の 936 名には 32km 地点を通過した 286 名も含まれていたことから, ランナーごとに検討して RFS の比率が増加したのは, FFS と SFS が RFS に変化したためであったと結論づけ, その原因を下腿三頭筋-腓複合体が疲労したせいであろうと推測した。Kasmer ほか (2013) はマラソンの 8.1km 地点で男性 1,160 名と女性 831 名を調査した結果, 男性と女性それぞれ RFS は 1,073 名と 792 名, MFS は 71 名と 30 名, FFS は 7 名と 4 名そして SFS は 9 名と 5 名であった。男女を含めると 93.67 % が RFS, 5.07 % が MFS, 0.55 % が FFS そして SFS は 0.70 % であり, 8.1km 地点の通過が上位のランナーほど RFS が少なかったと報告した。

ロードレースにおける接地パターンに関する上記 4 つの研究の内, Hasegawa ほか (2007) は国際レースにおける国内外の競技水準が高いエリート選手を対象にしている。Hasegawa ほかを除く上記 3 つの研究において, 中位や下位の一般ランナーが示した RFS が多い接地パターンの分布と, 日本人一般ランナーが示す接地パターンの分布は同様な傾向であろうか。もし, 同様であるならば, ランニング障害を引き起こす要因のひとつとして指摘されている RFS (Lieberman ほか, 2010; Daoud ほか, 2012; Lieberman, 2012; Perl ほか, 2012) を, 改善するランニング指導を行う一助になると考える。多人数の日本人一般ランナーを対象にして, 実際のロードレースにおける接地パターンを調査した研究を見出すことができなかったことから, 日本人の一般ランナーがハーフマラソンレース中に示す接地パターンの実態を, 明らかにすることが本研究の目的である。

## II. 方法

### 1. 対象者

対象にしたのは, 第 36 回福井マラソン (2013 年 10 月 6 日) 「公認の部」と「一般の部」を含む男女のハーフマラソン出場者であり, 福井県を含む 32 都府県 (福井新聞, 2013 年 10 月 4 日別刷) から申し込まれていた。主催者に撮影の目的を事前に説明し, 撮影と撮影地点の許可を得た。撮影は, 15km 地点前の直線で平坦な 14.9km 地点で行った。Hasegawa ほか (2007) と同様に 2 台のデジタル VTR カメラを用いて, 1 台 (CASIO EX-F1, フレーム数 300fps, シャッター速度 1/1000 秒) は左側面からランナーの膝から下を, もう 1 台 (SONY HDR-CX630V, フレーム数 60fps, シャッター速度 1/60 秒) は, ランナーの左斜め前方からナンバーとシューズを確認するために全身を撮影した。

### 2. 分析方法

高速度撮影したランナー全ての映像をノートパソコン (TOSHIBA dynabook Satellite B35/R)

を用いて、いったんポータブル HDD（BUFFALO INC）に 67 個のファイルに分けて保存した。その後、ノートパソコンにインストールした Quick Time Player で 67 個のファイルを再生して接地パターンを判定した。接地時間と滞空時間を算出するために、EDIUS Pro8（Grass Valley）を用いて片足が接地した瞬間から離地するまでと、もう一方の足が接地するまでのフレーム数をカウントするとともに、足の接地パターンを再判定した。また、ランナーの全身映像をパソコンの Windows Media Player を用いてナンバー、性別そしてシューズを判別して高速度撮影した接地パターンのランナーと順位を特定した。

### 3. 接地パターンの分類

膝から下の映像を用いて、両足の接地パターンを次の 3 つに分類した。1) 踵部が最初に接地して前足部に向かってシューズ底全体が接地する後足部接地（RFS）（図 1），2) 踵部と拇指球部が同時に接地する中足部接地（MFS）（図 2），3) 拇指球部あるいは小指球部が最初に接地した後踵部が接地する前足部接地（FFS）（図 3）。なお、FFS に分類されたランナーは表 1 に示すごとく 1 名であり、なおかつ、回外しているために FFS 回外の例でもある。さらに、Larson ほか（2011）および Kasmer ほか（2013）と同様に、接地パターンが左右で異なる混合接地（Splitfoot Strike；SFS）を加えた。



図1 後足部接地（RFS）



図2 中足部接地（MFS）



図3 前足部接地（FFS）

RFS, MFSまたはFFSであるが、明らかに踵の外側縁や小指側から接地した後、回内して足底が接地するのを回外接地として、それぞれRFS回外（図4）、MFS回外（図5）またはFFS回外（図3と同じ）とした。



図4 後足部接地回外（RFS回外）



図5 中足部接地回外（MFS回外）

#### 4. 接地時間と滞空時間

接地時間は右足または左足の一部が接地した瞬間から、同じ足が離地するまでのフレーム数×1/300秒（1fpsは1/300秒≒0.003秒）で算出した。滞空時間は右足または左足が離地した瞬間から、反対の足が接地するまでのフレーム数×1/300秒で算出した。

#### 5. 統計処理

左足または右足の接地時間と通過順位の関係および滞空時間と通過順位の関係は、ピアソンの相関係数を求めた。有意水準は $p<0.05$ とした。

### Ⅲ. 結果

申し込み者は2,494名で、実際に出走したのは2,217名であった。撮影できたランナーの内、明らかに歩いていたランナーや他のランナーと映像が重なって、接地パターンの判別やランナーを特定できなかった場合を除き、左右の足接地を判別することができた1,254名を分析対象とした。

スタートは「公認の部」が「一般の部」よりも2分早かったにも関わらず、撮影地点の通過は両部門のランナーが混在していた。さらに、15km地点通過の正式タイムは不明であるが、(一財)福井陸上競技協会記録情報委員会から提供を受けた結果によると、制限時間内（公認の部は2時間30分と一般の部は2時間28分）のフィニッシュ・タイムは、「公認の部」男性が1時間10分02

秒～2時間29分45秒と女性が1時間17分04秒～2時間29分12秒であった。また「一般の部」はすべての部門を含めて、男性が1時間13分34秒～2時間27分59秒と女性が1時間31分27秒～2時間27分59秒であり、「公認の部」ランナーが「一般の部」ランナーよりも必ずしも優れていなかった。「公認の部」は日本陸上競技連盟（陸連）に登録したランナーだけが参加を認められ、その記録は陸連によって公認される。「一般の部」は陸連に登録していないランナーが参加するが、陸連登録のランナーでも参加は認められる。しかし、その記録は陸連によって公認されない。陸連登録のランナーの場合は、どちらの部に参加するかを参加申し込み時に選択する。これらの理由で、「公認の部」と「一般の部」を区別しないで結果を示すことにした。さらに、接地パターンの人数と比率を示す表1と表2は男性と女性を区別したが、撮影地点を通過した順位200位ごとにグループ分けしたパターン比率（表3）および、接地時間（図6-1と2）と滞空時間（図7）は男性と女性を区別しないで結果を示すことにした。

### 1. 接地パターン

男性（1,000名）と女性（254名）の接地パターンは、表1に示したごとく両足ともにRFSが95.0%と98.4%を占めて、男性と女性を含めると95.7%であった。両足ともにMFSまたはFFSは、0～2.1%で極めて少なかった。また、SFSとして分類した男性28名の内18名は右足がRFSで左足がMFSであり、10名は右足がMFSで左足がRFSであった。女性3名は、いずれも右足がRFSで左足がMFSであったごとく、すべてのSFSはRFSとMFSの混合であった。

表1 接地パターン別の人数と比率

性別	RFS	MFS	FFS	SFS
男性	950 (95.0%)	21 (2.1%)	1 (0.1%)	28 (2.8%)
女性	250 (98.4%)	1 (0.4%)	0	3 (1.2%)

ランナーの左側面を高速度VTR撮影したために、足関節回外の判別が容易な右足について、接地パターン回外の分類を表2に示した。RFSであった男性の29.8%と女性の24.9%が、足底を地面と平行に接地するフラット接地ではなかった。また、MFSとFFSであった人数そのものが少ないために、回外の比率は高かった。

表2 接地パターン別の回外人数と比率

性別	RFS回外	MFS回外	FFS回外
男性	288 (29.8%)	22 (71.0%)	1 (100%)
女性	63 (24.9%)	1 (100%)	0

## 2. 撮影地点を通過した順位200位ごとにグループ分けした接地パターンの比率

1,254名を200位ごとの撮影地点通過順位にグループ分けして、接地パターンの比率を表3に示した。通過順位1位-200位では、RFS86.0%は201位以降よりも少なく、逆にMFSが多い傾向を示した。

表3 通過順位200位ごとの接地パターン比率 (%)

通過順位	R F S	M F S	F F S	S F S
1 - 200	86.0	8.5	0	5.5
201 - 400	97.5	0.5	0.5	1.5
401 - 600	96.0	0	0	4.0
601 - 800	97.0	1.0	0	2.0
801 - 1000	98.5	1.0	0	0.5
1001 - 1200	98.0	0	0	2.0
1201 - 1254	100	0	0	0

## 3. 接地時間と滞空時間

接地パターンと同様に、撮影地点通過順位を200位ごとにグループ分けして、接地時間(秒)の平均(±SD)を図6-1に左足を図6-2に右足を示した。図6-1と図6-2に示すごとく、左右の両足共に、接地時間は通過順位上位のランナーほど短く、下位のランナーほど長くなる(左足： $y=0.0194x+0.2232$ ,  $R^2=0.9861$ ,  $p<0.01$ , 右足： $y=0.0196x+0.2230$ ,  $R^2=0.9875$ ,  $p<0.01$ )傾向がみられた。

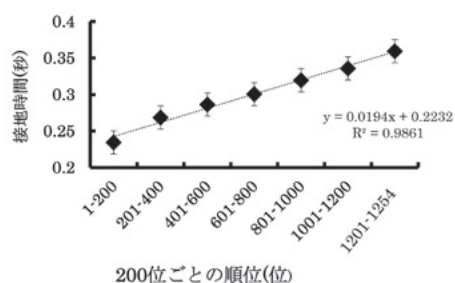


図6-1 通過順位と左足の接地時間(秒)の関係

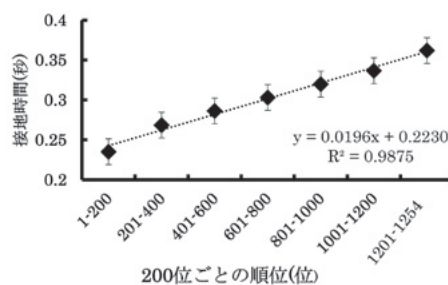


図6-2 通過順位と右足の接地時間(秒)の関係

滞空時間(秒)も接地時間と同様に、撮影地点通過順位を200位ごとにグループ分けして平均(±SD)を図7に示した。接地時間の傾向とは逆に、通過順位上位のランナーほど滞空時間は長く(0.086±0.023秒)、下位のランナーほど短くなる(0.015±0.020秒)傾向が見られた。



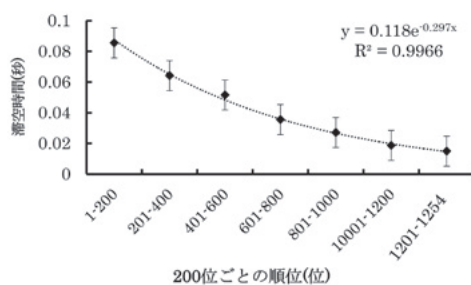


図7 通過順位と滞空時間（秒）の関係

#### Ⅳ. 考 察

本研究は、ハーフマラソンレース中の日本人一般ランナーを対象に、14.9km地点における両足の接地を判別できた1,254名について接地パターンの実態を明らかにした。ランニング速度は、身体各部位の運動が統合されて発揮された力が、足によって地面に加えられた結果である。足がどのように地面と最初に接するかは、地面から受ける反力の方向、大きさおよび時間を決定することになる。足は身体の末端部位であるが、その運動は全身の運動が統合された結果であるために、接地パターンの特徴を理解しておくことは大きな意味があると考えられる。

#### 接地パターン

男性と女性のRFSは、それぞれ95.0%と98.4%であり、MFSまたはFFSは極めて少なかった。このために、一般ランナーの接地パターンは男性と女性ともにRFSであった、と言っても過言ではないだろう。さらに、左右の接地パターンが異なるSFS（2.8%と1.2%）は、RFSとMFSの混合であった（表1）。したがって、右足または左足のどちらかの片足だけで接地パターンを判別した場合は、RFS、MFSあるいはFFSとして分類した結果が、もう一方の片足では接地パターンが異なる場合があり得るために、接地パターンごとの比率が不正確になる場合が生じるであろう。

RFSが男性と女性それぞれ95.0%と98.4%であった結果は、Kerrほか（1983）の79%～82%とはかなりの相違があるように思える。しかし、Kerrほかが用いた撮影速度60fpsでは、シューズが地面と接する瞬間を正確に捉えられず、接地パターン判別を誤るという影響があったであろうと考えられる。フィニッシュ・タイムの平均が3時間57分31秒±34分17秒であった286名のランナーについて、300fpsで撮影したRFSが10km地点で87.8%と32km地点で93.0%であったLarsonほか（2011）の結果、240fpsで撮影したマラソンの8.1km地点では、RFSが93.67%（男性1,073名と女性792名を含む）であったKasmerほか（2013）の結果などと、本研究の結果はほぼ同様である。Kasmerほかが通過順位で接地パターンを判別したところ、100位までは85%であったRFSが、順位が下位になるにしたがって98%まで漸増した。さらに、RFSではない126名のうち27名（14%）が、いわゆるミニマリスト・シューズを履いており、シューズの形状と接地

パターンとの関係を示唆している。

男性と女性のエリートランナーを対象にした Hasegawa ほか (2007) は、男性 (248 名) を通過順位 50 位ごとに、女性 (35 名) を通過順位 7 位ごとにそれぞれ 5 グループに分けた。男性の上位 50 位までと 100 位までは、それぞれ RFS62.0% と 68.0%、MFS36.0% と 32.0% そして FFS2.0% と 0% であったが、101 位以降では RFS78.0% ~ 82.0%、MFS18.0% ~ 20.0% そして FFS0 ~ 2% であった。女性では上位 7 位のみ RFS43.0%、MFS43.0% そして RFS14.0% であったが、8 位以降は RFS86.0% ~ 100%、MFS0% ~ 14.0% そして FFS0% であった。女性のランナー数は少なかったが、このようなエリートランナーを通過順位で区切ったグループごとの接地パターンの傾向は、表 3 に示した通過順位 200 位までの RFS86.0%、MFS8.5% そして FFS0% と比較して、201 位以降では RFS96.0% ~ 100%、MFS0% ~ 1.0% そして FFS0 ~ 0.5% であった傾向と同様である。従来より、長距離走では「踵から接地して足底全体が着地する」が、短距離走では「つま先で接地し踵は地面に着けない」と指導されているようであることから、通過順位が上位であるほど RFS が少ない接地パターンの傾向は、Larson ほか (2011) や Kasmer ほか (2013) の結果と同様に、ランニング速度の影響が考えられる。

Nigg ほか (1987 年) はランニング速度が 3m/秒から 6m/秒に増加すると、接地直前に後足部よりも脛がより前方に出された足底が平らな状態で接地すると報告した。これは、ランニング速度を増加するにしたがって、高い速度によって生じる地面との大きな衝突力に対応するために、接地時の足の構えが変更されたことを示していると推察している。このような接地は、フラット着地と一般的に言われている。この Nigg ほかによる研究は、ランナーが 5m/秒よりも低い速度では RFS を優先的に行い、6m/秒よりも高い速度では FFS を行ったという Keller ほか (1996) の報告によって支持される。Breine ほか (2014) は圧力板を埋め込んだ走路を、同じランナーに 4 種類の異なる速度でランニングさせて、接地時における圧の中心位置を測定することによって SI を求めて接地パターンを判別した。その結果、最低速度 3.2m/秒では 82% が RFS であったが、最高速度 6.2m/秒では 54% が MFS あるいは FFS になったと報告した。これらの結果は、ランニング速度によって接地パターンが決定されるのではないかと示唆する。そうであるならば、15km 地点の通過タイムが明らかな Hasegawa ら (2007) の報告のランニング速度は、上位 50 位までと 100 位までの速度がそれぞれ 5.45m/秒と 5.25m/秒になる。対象者がエリートランナーであったことを考え合わせると、RFS が 62.0% と 68.0%、MFS が 36.0% と 32.0% であったことは、実験室での結果を裏付けるのではないかと考えられる。

しかし、エリートランナーに分類されるが下位のランナーや、多くの一般ランナーに当てはめるには疑問が生じる。Nigg ほか (1987 年)、Altman and Davis (2012)、Daoud ほか (2012) および Breine ほか (2014) による実験室的な接地パターンに関する研究では、ランニング速度は明示されているがどれくらいの時間ランニングを持続した結果なのか、といったランニング持続時間が明らかにされていない。したがって、実験室での結果を実際のレースにおける 8.1km 地点

(Kasmer ほか, 2013), 15km 地点 (Hasegawa ほか, 2007) そして 32km 地点 (Larson ほか, 2011) における接地パターンについて考える場合, ランニング速度だけではなくランニング持続時間に伴う疲労の影響も考慮に入れる必要があるだろう。FFS でのランニングのごとく下腿後面の筋群に, 強制的に繰り返す強い伸張性筋収縮が筋痛を発生させる原因 (Newham ほか, 1982; 寺田ほか, 2001) になる。さらに, FFS はランニング時間が経過するにしたがって, 下腿後面の疲労感を増加させその後に, 遅発性筋肉痛を生じさせたという報告 (Williams ほか, 2000) や, RFS と比較して足関節のエキシントリックな負荷が増加するという報告 (Arendse ほか, 2004) がある。これらのことから, ロードレースの後半では下腿後面に在る筋群の疲労を緩和するために, 接地パターンが変化して RFS 比率が増加すると推察できる。

Hasegawa ほか (2007) は接地パターンとランニング速度には明らかな関係があり, 高いランニング速度であるランナーほど MFS であり, 低い速度であるほど RFS になると結論づけている。Kasmer ほか (2013) も 8.1km 地点を通過した, 1,991 名全員の順位と接地パターンの比較を行ったところ, 最も早かったのは FFS で, 次いで SFS, MFS そして最も遅かったのが RFS であった。FFS は短距離走選手が典型的に用いる接地パターンであり, Stretch-Shortening Cycle (SSC) と呼ばれる筋活動を有効に発揮することができる (Komi and Bosco, 1978)。長距離ロードレースにおいても, FFS が高いランニング速度を発揮するのに有利な接地パターンである。しかし, 一般ランナーでは RFS が極めて高い比率であったことは, エネルギーを供給する最大酸素摂取量, 無酸素性作業閾値などの生理的因子が果たす役割以外に, 一般ランナーにとっては下腿部への負担を少なくして, 長時間あるいは長距離にわたりランニングを持続することのほうが重要なかもしれない。

## 回外接地

人数と比率が少なかった MFS, FFS そして SFS を除き, 男性 (950 名) と女性 (250 名) を含める (表 1) と対象者 1,254 名の内 RFS は 95.7% であった。RFS であった男性 288 名と女性 63 名の計 351 名 (29.3%) (表 2) が, 明らかに踵の外側縁 (小指側) から最初に接地した後に, 回内して足底が接地する回外接地であった。この RFS 回外は接地の瞬間に, 踵骨はもちろんのこと, 第 5 中足骨の付け根付近および立方骨への着地衝撃が大きくなることが考えられる。このような着地衝撃に加えて足関節の回外運動が, 足関節や膝関節を含めた下肢部にどのような影響を及ぼすのか, どのようなランニング障害が発生する可能性があるのか, ランニング後はどのような身体ケアをするのか, などを考える必要があるだろう。

市販されているジョギングあるいは初・中級者用のランニングシューズは, 衝撃力を緩衝するために後足部が厚く, 上級者用はシューズの重さを軽くするためでもあるが後足部は薄い。ランニング速度が低い初・中級者は RFS であることを前提にし, ランニング速度が高い上級者用は FFS あるいは MFS を前提にしているのであろう。しかし, 初・中級者であっても前足部と後足部

のシューズ底の厚さに差が無いシューズを履き、接地パターンをMFSにそして足関節を回外しないでフラットな接地に変更することで、ランニング速度を高めることとランニング障害を予防することが可能になろう。

### 接地時間と滞空時間

接地時間および滞空時間の傾向と200位ごとにグループ分けした順位の関係は、通過順位が上位であるほど左右の足ともに接地時間は短く(図6-1, 2)、滞空時間は長く(図7)なった。ランニング速度(m/分)は、歩幅(m/歩)と歩数頻度(歩/分)の積で表されることから、上位ランナーの短い接地時間は高い歩数頻度を、長い滞空時間は広い歩幅をそれぞれ示して、高いランニング速度を発揮していたのであろう。逆に、下位ランナーの低いランニング速度は、長い接地時間のせいで歩数頻度が少なく、狭い歩幅で滞空時間が短かったからであらう。田中と田邊(2016)は短距離疾走時における接地パターンと接地時間を、男子と女子の小学3年生から6年生に至るまで調査した結果、FFSがMFSよりも短時間の場合があったものの、すべての場合でFFSとMFSのいずれもがRFSよりも有意に短時間であった。小学生の短距離走の結果を、成人の長距離ロード走に直接適用できないが、接地パターンが同じであれば足関節の動きも同様である。すなわち、踵部が最初に接地して前足部に向かってシューズ底全体が接地した後、踵部に続いて前足部が離地するRFSと、踵部と拇指球部が同時に接地してシューズ底全体が接地した後、踵部に続いて前足部が離地するMFSでは、短距離走の場合と同様にRFSの接地時間が長くなるであらう。このことが、撮影地点を通過した上位200位までに、MFSが8.5%の理由であらうと考える。

## V. まとめ

ハーフマラソンレース14.9km地点において、左側面からランナーの膝から下をデジタルVTR撮影(300fps)して両足の接地パターンを判別した。両足ともに判別することができた男性(1,000名)と女性(254名)の計1,254名の接地パターンは、男性と女性を含めて95.7%が後足部接地(RFS)、1.8%が中足部接地(MFS)、0.1%が前足部接地(FFS)そして2.5%が混合接地(SFS)であったことが明らかになった。しかし、撮影した地点を通過した順位200位ごとにグループ分けすると、1~200位までのグループは86.0%がRFS、8.5%がMFS、0%がFFSそして5.5%がSFSであった。しかし、201~400位以降1201~1254位までの6グループは96.0%~100%がRFS、0%~1.0%がMFS、0%~0.5%がFFSそして0%~4.0%がSFSで、接地パターンの占める比率が異なる傾向であった。一般ランナーの速いランナーにはMFSが見られるが、そうではない大部分のランナーはRFSであるのが実態であらう。

## 付 記

本研究は、共著者が福井大学大学院教育学研究科修士論文のために収集したデータを、再検討・再構成したものである。日本スポーツ教育学会第36回学会大会（2016.10.29 於；和歌山大学教育学部）にて本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福井新聞社ならびに（一財）福井陸上競技協会には、ここに記して厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- Altman,A.R. and Davis,I.S. (2012) A kinematic method for footstrike pattern detection in barefoot and shod runners. *Gait and Posture*, 35:298-300.
- Arendse,R.E., Noaks,T.D., Azevedo,L.B., Romanov,N., Schweltnus,M.P. and Fletcher,G. (2004) Reduced eccentric loading of the knee with the pose running method. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36:272-277.
- Breine,B, Malcom,P., Frederick,E.E. and De Clercq,D. (2014) Relationship between running speed and initial foot contact patterns. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 46(8):1595-1603.
- Cavanagh,P.R. and Lafortune,M.A. (1980) Ground reaction forces in distance running. *J. Biomechanics*, 13:397-406.
- Daoud,A.I., Geissler,G.J., Wang,F., Saretsky,J., Daoud,Y.A. and Lieberman,D.E. (2012) Foot strike and injury rates in endurance runners: A retrospective study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 44(7):1325-1334.
- 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(3):888-893.
- 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.
- Keller,T.S., Weisberger,A.M., Ray,J.L., Hasan,S.S., Shiavi,R.G. and Spengler,D.M. (1996) Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. *Clin. Biomech.*, 11(5):253-259.
- Kerr,B.A., Beauchamp,L., Fisher,V. and Neil,R. (1983) Footstrike patterns in distance running. In:Nigg,B.M. and Kerr,B.A. (Eds.) *Biomechanical aspects of sports shoes and playing surfaces*. Calgary: University of Calgary: 135-142.
- 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.
- Larson,P., Higgins,E., Kaminski,J., Decker,T., Preble,J., Lyons,D., McIntyre,K. and Normile,A. (2011) Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *J. Sports Sci.*, 29(15):1665-1673.
- Lieberman,D.E. (2012) What we can learn about running from barefoot running: An evolutionary medical perspective., *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 40(2):63-72.
- 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. *Clin. Sci.*, 64:55-62.

- Nigg,B.M., Bahlse,H.A., Luethi,S.M. and Stokes,S. (1987) The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. *J.Biomech.* 20(10):951-959.
- Perl,D.P., Daoud,A. and Liberman,D.F. (2012) Effects of footwear and strike type on running economy. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 44(7):1335-1343.
- 田中秀一・田邊章乃（2016）短距離走中間疾走中における接地パターン－小学校3年生から6年生について－. 福井大学初等教育研究, No.2 : 95-101.
- 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.
- Williams,D.S., McClay,I.S. and Manal,K. (2000) Lower extremity mechanics in runners with a converted forefoot strike pattern. *J. Appl. Biomech.*, 16:210-218.