

ランニングフォーム矯正の一手段としての ベアフットランニング活用の可能性

塩田 徹¹⁾

The effectiveness of barefoot running to the running pattern correction

SHIODA Toru

Summary

The purpose of this research was investigating the characteristic of barefoot running and shod running and then reviewing effectiveness to the form pattern by barefoot running. The subjects are 12 university middle and long-distance runners. It analyzed the form when running at the speed (5'30", 4'30", 3'30" / km) of 3 steps. The results obtained are as follows.

- 1) As the feeling of the player, barefoot running was different from shod running. However, for them, it wasn't difficult for barefoot running to run.
- 2) At both of barefoot running and shod running, the foot-strike pattern didn't undergo influence with running speed. In barefoot running, the player of the fore-foot strike pattern increased compared with shod running.
- 3) The running speed, and their stride length and steps were proportional. These changes occurred with the extension in the flight duration period and the abridgment of the support period. When comparing at the same speed, the stride length was shorter in barefoot running (To make it up, the step is quick).
- 4) It thought that there was a difference in the way of easing foot strike impact and the way of letting out the power to run because there was a significant difference in the angle of the knee in the support period in barefoot running and shod running.
- 5) It was suggested that barefoot running is effective with the running pattern correction from above thing.

I. はじめに

競技力向上の一手段として、ランニングフォームの効率化や安定性の向上を目指した矯正動作や補強運動の活用が注目されている。箱根駅伝で活躍しているチームでこれらの運動が恒常的に行われていることから広く認知されるようになった

が、ランニングフォームなどのバイオメカニクスの特徴と競技能力との関係については以前から検討されており、ランニングフォームの改善は競技力向上の重要な要因として扱われている。

また、陸上競技の中長距離走における接地の仕方として、これまで踵付近から地面に接する方法が最も効率的であると考えられており、実際に踵

1) 東洋大学スポーツ健康科学(白山キャンパス)研究室 〒112-8606 東京都文京区白山5-28-20
Sports and Health Science Laboratory, Toyo University, 5-28-20, Hakusan, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8606, JAPAN

付近で設置する選手がほとんどであることが知られていた。ところが近年、ケニアやエチオピアといった世界を席巻しているトップアスリートに小指球付近の前足部から接地する選手が多く¹⁾エネルギー効率に優れること⁴⁾、さらに前足部での接地が後足部の接地に比較して衝撃が少なくランニングの効率を高めることが指摘されるようになり⁹⁾、前足部から接地することへの関心が一般ジョガーだけでなく競技選手やコーチの間で高まっている。さらに、彼らは幼少期から裸足による生活やトレーニングを強いられる環境にあったことから、裸足によるランニング（以下、ベアフットランニング）が彼らの高い競技能力に対して影響している可能性が示唆されるにしたがい¹¹⁾、ベアフットランニングが一般的に認知されるようになり「素足感覚」をキーワードにしたシューズも数多く販売されるようになってきている。

しかしながら、ベアフットランニングの有効性を生理的またはバイオメカニクスの分析した先行研究によるとその効果に必ずしも一定の知見は得られていない。Lieberman⁹⁾らや Hanson⁷⁾らはベアフットランニングが衝撃の少ないエネルギー効率に優れたフォームであると報告しているものの、Franz⁵⁾らは靴の重さに相当する重量を負荷すると、靴を履いた方がランニング時のエネルギー効率が有意に低下していることを示している。また、Tung¹⁵⁾らは靴を着用するとベアフットランニングよりもエネルギー効率は悪化するものの、走路のクッション性を変えてベアフットランニングを行った場合、クッション性の高いほうがエネルギー消費の少ないことを示しており、ランニングにおける足への重量負荷とクッション性の影響を考察している。さらに競技成績への関係からベアフットランニングの影響を捉えた場合、ベアフットランニングそのものが重要なのではなく、ベアフットランニングを長時間行わなければならない

い環境が重要であるとの指摘もある¹³⁾。

いづれにしても、一般健常者を対象にしてベアフットランニングの特徴は明らかにされてきているものの、競技者を対象としたベアフットランニングの影響や矯正手段としてのベアフットランニングの効果についての知見は見当たらない。日本においては裸足での生活を強いられる環境を作することは困難であるものの、ベアフットランニングをジョギング時に行うことは比較的容易である。中長距離種目のトレーニングは色々な内容を組み合わせられて実施されているが、時間によりそれらを分類するとジョギングや低～中速でのペース走が最も多く行われている。そしてその中でベアフットランニングが有効活用できるならば、フォーム矯正においてその影響は大きいと思われる。

そこで、ベアフットランニングが、ランニングフォーム矯正の一手段として用いることが可能かどうかを探ることを本研究の目的とした。

II. 方法

1. 対象者の身体的特徴および競技成績

対象は、健康な陸上競技中長距離を専門とする男子大学生12名を対象とした。12名の身体的特性は、年齢 21.0 ± 0.88 歳、身長 170.5 ± 5.73 cm、体重 56.0 ± 4.65 kg、体脂肪率 10.1 ± 3.51 %であった。体脂肪率はInBody730により測定した。

対象者の合宿前の競技成績（平成28年度）は、800mの平均で1分52秒 5 ± 2 秒 6 （5名）、1500mの平均が3分53秒 3 （1名）、5000mの平均が14分50秒 1 ± 20 秒 9 （6名）であり、学生で中程度以上の競技成績を有していた。

彼らはウォーミングアップやクーリングダウンにおいて時々裸足で走ることがあるものの、日常的なベアフットランニングは行われていなかった。ただし、測定中のベアフットランニングに違和感を訴える者はいなかった。

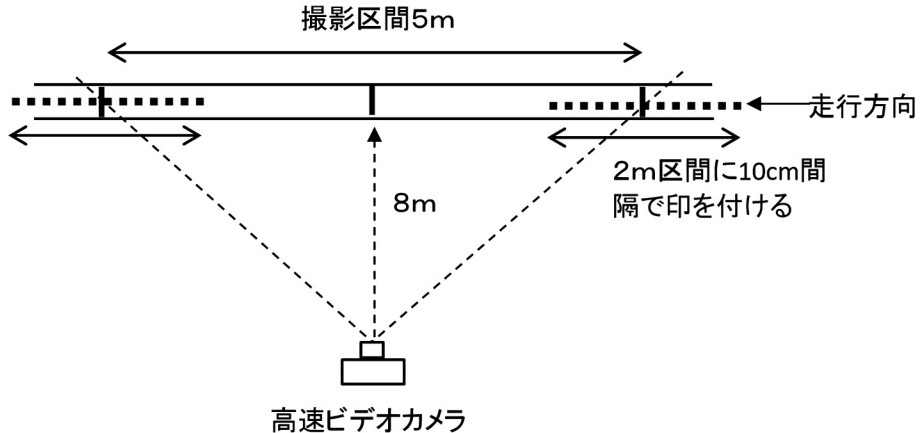


図1 撮影方法

2. 測定方法および測定項目

全天候型陸上競技場の直線路を使用し5分30秒/分（以下低速）、4分30秒/分（以下中速）、3分30秒/分（以下高速）の3段階の速度で靴と裸足による50m走を行わせ、40～45m付近の撮影を行なった。撮影に用いた高速デジタルビデオカメラ（240fps）は撮影区間中央の左側方8mに設置した。また40mおよび45mの前後1mには10cm間隔でマークしておいた（図1）。測定は靴の低速、中速、高速の順に行い、休憩後裸足の低速、中速、高速の順で行なった。なお、それぞれの測定の前には設定速度での走行練習を十分に行なわせた。以下の条件にすべて当てはまる試技を成功試技として、3回以上の成功試技の撮影ができるまで同じペースの測定を行なった。靴は出来るだけ底の薄い競技用とした。

- ① 撮影区間中央付近を左足で接地すること
- ② 設定速度の確認用に35mと45mの間の10mを手動でタイム計測し、目標タイムから0.1秒以内の誤差であること
- ③ 選手が違和感を訴えないこと

以下に示す測定項目は収録したビデオ画面を画像読み取りソフト（kinovea）を用いて読み取った。

- 1) 歩行速度、ピッチおよびストライド

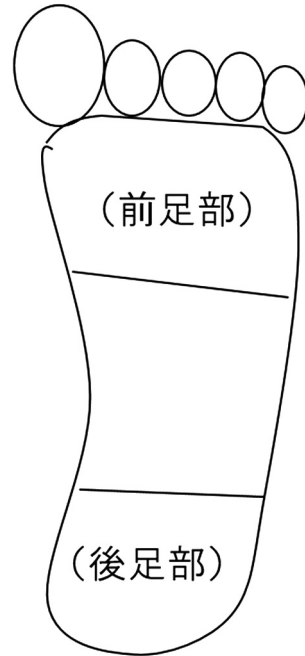


図2 足部の部位の名称

撮影区間の最初と最後それぞれの10cm間隔の印を利用し、4歩分の距離および時間をビデオ画面より読み取った。距離を時間で除したものを走行速度、歩数を時間で除したものをピッチ、距離を歩数で除したものを歩幅として算出した。

- 2) 支持時間、滞空時間および滞空/支持比、接地方法

左足の接地から次の右足の接地までの映像から分析した。左足が地面に接している時間を支持時

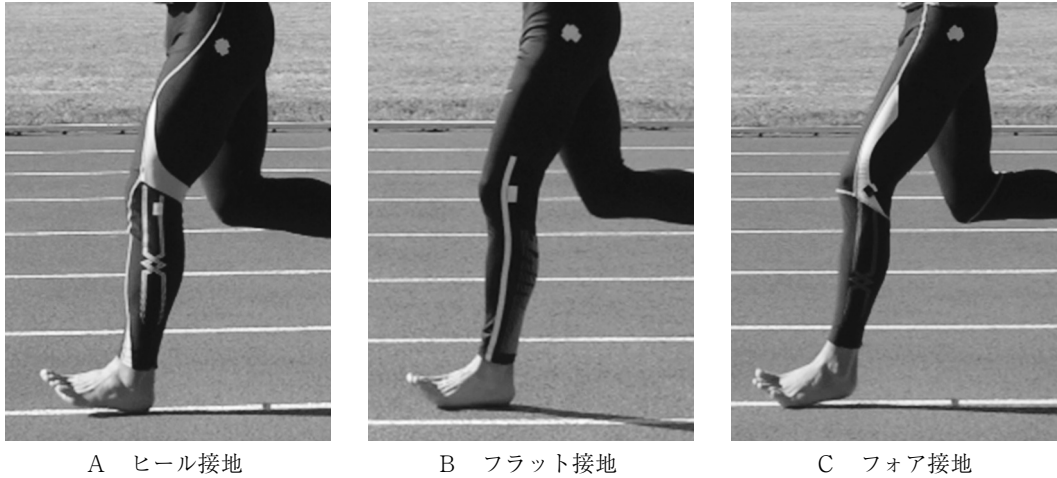


図3 測定時の各接地方法

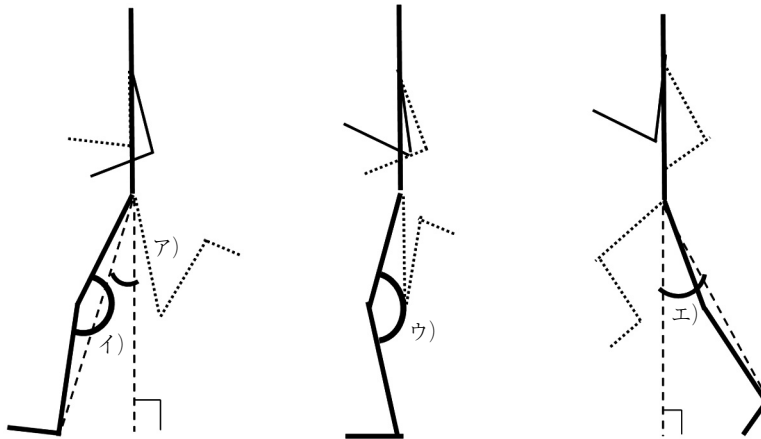


図4 分析に用いた下肢の各関節角度

間、左足が地面を離れ右足が着地するまでの時間を滞空時間、支持時間に対する滞空時間の割合を滞空/支持比とした。また、左足が地面に最初に接する部位を画像から読み取り、後足部からの接地した場合をヒール接地、足裏全体でほぼ同時に接地した場合をフラット接地、前足部からの接地をフォア接地とした(図2および図3)。

3) 身体角度

画像の左脚の大転子、膝および外果から以下の角度を読み取った(図3)。左足の接地時の大転子と外果を結んだ線分と大転子からの垂線がなす

角度を接地角度ア)、接地時の膝の角度を接地膝角度イ)、接地期に大転子が外果の真上を通過するときの左膝の角度を支持期膝角度ウ)、左脚が地面を離れるときの大転子と外果を結んだ線分と大転子からの垂線がなす角度を離地角度エ)とした。

3. 走りやすさのアンケート

全ての測定終了直後に速度ごとに、走りやすさの感覚を靴、裸足、両方同程度の3つの中から選択してもらった。また、そのときの内省的評価を

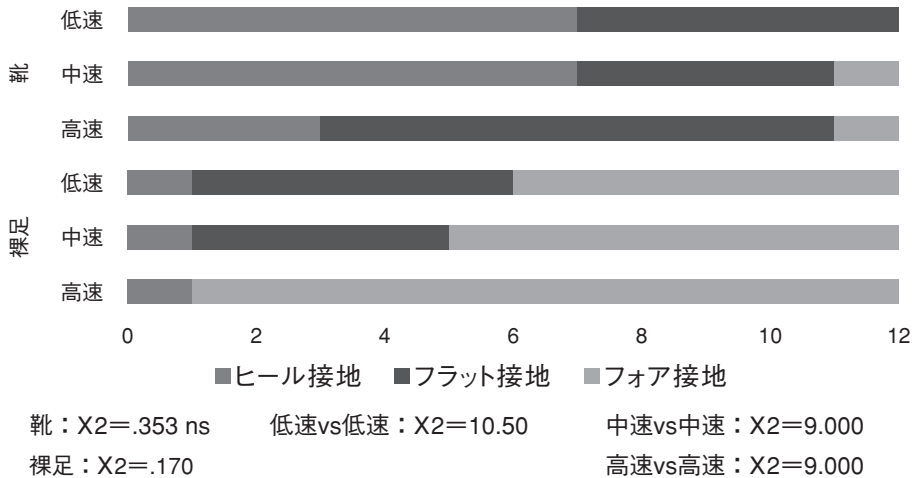


図5 各速度の靴と裸足における接地方法の比較

出来るだけ詳細に記入してもらった。

4. 統計処理

靴と裸足での走行中のバイオメカニクス的測定結果は平均値 \pm 標準偏差 (SD) で表し、試行間の比較には、繰り返しのある二元配置分散分析 (試行 \times 速度) を行った。また、接地パターンの試行間の比較および走りやすさの速度間の比較には χ^2 検定を用いた。すべての統計処理は SPSS (SPSS ver 23 for windows) を使用し、有意差水準は5%未満とした。

III. 結果

解析に用いたランニング速度の平均は、靴の場合が $3.06 \pm 0.07\text{m/sec}$ (5分27秒0 \pm 7秒5), $3.71 \pm 0.11\text{m/sec}$ (4分29秒5 \pm 8秒7), $4.78 \pm 0.16\text{m/sec}$ (3分29秒1 \pm 7秒2) であり、裸足では $3.04 \pm 0.06\text{m/sec}$ (5分28秒2 \pm 6秒6), $3.75 \pm 0.11\text{m/sec}$ (4分26秒5 \pm 8秒5), $4.76 \pm 0.20\text{m/sec}$ (3分30秒0 \pm 9秒1) とほぼ同程度であり、両条件に有意差は認められなかった。

図5には各速度での靴のランニング (以下ノーマルランニング) とベアフットランニングでの接

地方法の結果を示した。靴および裸足ともに、低速から高速になるにしたがいフラットやフォア接地が増える傾向にあったが統計的な差異は認められなかった。靴と裸足の比較では、すべての速度でフロント接地が有意に増えており接地方法に差異が認められた。

表1にはストライド、ピッチ、接地時間、滞空時間および滞空/接地比を示した。すべての項目で交互作用には有意差が認められず、速度の影響はすべての項目で有意であったことから、速度による変化の傾向に靴と裸足で違いはなかった。靴と裸足の比較ではストライド、ピッチおよび接地時間に有意差が認められた。

表2には各身体角度を示した。交互作用はすべての項目で有意ではなく、速度の影響は接地角度、支持期膝角度および離地角度において有意であったが、接地膝角度には有意差が認められなかった。靴と裸足の影響は接地膝角度および支持期膝角度においてのみ有意であった。

図6には走りやすさの意識を示した。速度間で意識に差異は認められなかったが、恒常的に行われていない裸足でのランニングの方が走りやすいと感じる者が一定の割合で認められた。

表1 測定時の走速度, ストライド, ピッチ

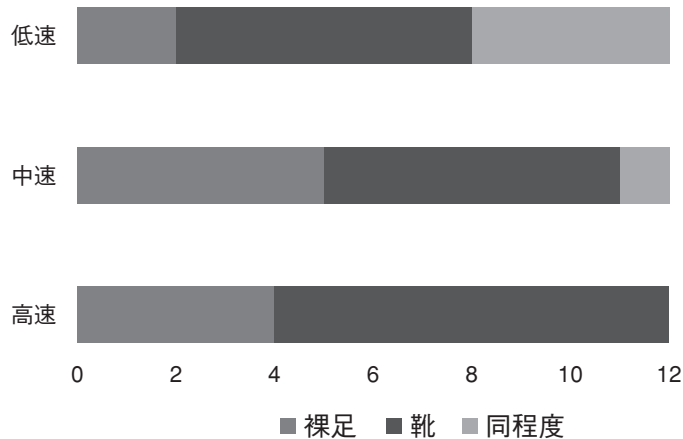
		靴		裸足		主効果		交互作用
		平均	SD	平均	SD	靴 - 裸足	走速度	
走速度	低速	3.057	± 0.070	3.043	± 0.062	ns (.068)	** (705.02)	ns (2.282)
	中速	3.709	± 0.117	3.751	± 0.119			
	高速	4.777	± 0.162	4.760	± 0.206			
ストライド	低速	1.090	± 0.075	1.063	± 0.064	** (12.959)	** (550.99)	ns (1.144)
	中速	1.286	± 0.082	1.267	± 0.087			
	高速	1.598	± 0.089	1.559	± 0.109			
ピッチ	低速	2.825	± 0.147	2.884	± 0.135	** (15.516)	** (53.508)	ns (.111)
	中速	2.890	± 0.155	2.957	± 0.154			
	高速	2.996	± 0.167	3.060	± 0.192			
支持時間	低速	0.237	± 0.018	0.231	± 0.017	* (9.383)	** (225.57)	ns (.371)
	中速	0.214	± 0.020	0.206	± 0.015			
	高速	0.183	± 0.018	0.174	± 0.012			
滞空時間	低速	0.120	± 0.020	0.117	± 0.019	ns (.108)	** (89.707)	ns (.849)
	中速	0.133	± 0.019	0.134	± 0.019			
	高速	0.154	± 0.014	0.155	± 0.016			
滞空/支持比	低速	0.515	± 0.108	0.512	± 0.101	ns (1.139)	** (241.32)	ns (.657)
	中速	0.633	± 0.122	0.658	± 0.115			
	高速	0.864	± 0.122	0.893	± 0.102			

*p<0.05 **p<0.01 (F値)

表2 各関節角度の測定結果

		靴		裸足		主効果		交互作用
		平均	SD	平均	SD	靴 - 裸足	走速度	
接地角度	低速	13.9	± 3.32	13.4	± 2.26	ns (2.939)	** (62.361)	ns (2.466)
	中速	15.1	± 2.54	14.6	± 1.75			
	高速	17.5	± 2.48	16.3	± 1.43			
接地膝角度	低速	167.3	± 4.03	165.3	± 3.05	** (12.320)	ns (.549)	ns (.975)
	中速	167.7	± 4.27	165.2	± 4.06			
	高速	166.5	± 4.93	165.3	± 4.43			
支持期膝角度	低速	140.9	± 4.62	142.4	± 6.13	** (10.012)	** (16.950)	ns (1.147)
	中速	139.1	± 5.02	141.5	± 6.39			
	高速	136.8	± 3.46	139.9	± 5.40			
離地角度	低速	28.8	± 1.58	29.4	± 1.56	ns (.056)	** (73.037)	ns (.765)
	中速	30.1	± 1.49	30.1	± 1.59			
	高速	32.0	± 1.96	31.7	± 1.32			

*p<0.05 **p<0.01 (F値)



$X^2 = .267$ ns

図6 各速度の靴と裸足における走りやすさの比較

IV. 考察

本研究は、近年世界の陸上競技中長距離種目を席卷しているケニア選手の特徴から、一般アスリートや研究対象として注目されているベアフットランニングが日本人の大学生競技者のランニングスキル向上の一手段として活用できる可能性を有するかどうか検討することを目的としている。

本研究における選手のノーマルランニングにおける接地方法はマラソン中の接地方法を調査結果⁶⁾と比較すると、走速度は同程度に分布しているにもかかわらず、フラット接地やフォア接地の割合が高かった。本研究で用いたランニング距離がわずか50mであったことの影響を排除することはできないが、競技成績に優れるほど前足部よりで接地する割合が増加するとの指摘もあり⁶⁾、本研究の対象者の競技成績を反映していることも推測できる。さらに近年、高校生など若い選手には前足部から接地する選手に見かけることが増えており、中長距離選手の接地方法の近年の傾向を示すのかもしれない。ベアフットランニングでは多くの選手がすべての速度でフォア接地であった。一般健常者を対象とした研究では、単に裸足

で走るだけでは接地位置が若干前方に移行するもののフォア接地への移行は認められていない¹²⁾。しかしながら、一定レベル以上の大学選手においては裸足で走ることで接地位置が自然と前方に移動しフォア接地になるものと推測できる。本研究で用いた低速～中速の範囲は大学生競技者の低速のランニング（ジョギング）として一般的に用いられる速度域である。ジョギングはトラック中心の選手であってもトレーニングに占める割合が最も多い内容であり、ベアフットランニングを行うことで異なるランニングスタイルを習得することが可能であると考えられる。

ところで、走りやすさを靴と裸足で比較した質問では、各速度ともにノーマルランニングが走りやすいとする回答が多かったが、定期的実践していないベアフットランニングの方が走りやすいとの回答も認められた。特に、中速では靴と裸足ではほぼ同じであった。

ノーマルランニングの方が走りやすい主な理由としては、「靴の方が反発を感じる事ができて走りやすい」「靴の方が太ももを使って大きく走れる気がする」といった靴の使用を肯定的にとらえた回答や、「裸足の方が衝撃を感じて長く走る

と痛くなりそう」「クッション性があり痛くない」など裸足との相対的な視点からの回答、または「慣れているから」など比較的多様の回答が得られた。一方、裸足が走りやすかった理由としては「地面を捉える感覚が得やすかった」「軽く進む感じがした」といった回答に集約できた。「地面を捉える」とは選手特有の感覚であるが、接地の際の圧や重心の移動を的確に感じることができたときに使用することが多い言葉である。

いづれにしても、後述するように靴と裸足でのバイオメカニクスの特徴の違いにも影響すると思われるが、ベアフットランニングはノーマルランニングと動作スタイルだけでなく選手の感覚的な面からも異なるランニング形式であると考えられることができる。

ランニングフォームは骨格的または筋腱組織の特徴などから十人十色であり、世界のトップランナーにおいても色々な特徴が報告されている。トラック長距離種目やマラソンで世界記録を樹立したゲブレシラシエ選手はケニア人特有のアキレス腱のバネを利用した短時間の接地と大きなストライドを特徴としており「跳ねるように走る」と表現されることが多い。一方、同じくケニア人の前マラソン世界記録保持者であるマカウ選手はゲブレシラシエ選手と同程度のストライドでありながら滞空時間を短くすることで重心の上下動を小さく抑えるフォームであることが報告されている¹¹⁾。本研究のノーマルランニングとベアフットランニング中のバイオメカニクスの特徴の比較ではストライド、ピッチ、接地時間、接地膝角度および支持期膝角度に有意差が認められた。

ランニング速度はストライド×ピッチで算出されることから、ノーマルランニングはベアフットランニングに比べて大きなストライドを特徴とし、ベアフットランニングは速いピッチを特徴としていると表現できる。競技成績への影響をスト

ライドやピッチといったランニングのリズムからみた先行研究によると、選手のリズムを強制的に規定するとランニングのエネルギー効率は悪化し、選手の自由なりズムで走った時のエネルギー効率が最も良好であることから²³⁾、選手は特に指定がなければ最も効率のいいストライドやピッチを選択することが報告されている。したがって、ベアフットランニングを習慣化することにより、接地時間が短いピッチの速いランニングフォームへ移行する可能性を有するものと考えられる。

ランニングフォームは片脚が地面に接している支持期と両脚が空中にある滞空期に分けることができる。本研究は主に支持期の矯正に対するベアフットランニングの可能性を検討している。接地直前から支持期の下肢動作を詳細にみると、前方に振り出された下肢は接地直前に引き戻されながら重心のやや前方に接地し、支持期では膝をやや曲げることで接地の衝撃を和らげ前方に推進する力を蓄え脚を大きく後方にスイングする¹⁶⁾、と解説されている。このとき接地が前方過ぎたり引き戻し動作が小さすぎると接地の衝撃が大きすぎて支持脚の膝が大きく曲がり重心が前方に移動する速度が低下することが知られている。さらに接地期において過度に膝が曲がることは滞空期で必要以上に重心が上方への移動しやすくなり結果として移動速度の低下を招きやすくなる。疲労によっても同様の変化が生じることが報告されている。一方、接地期の下肢の動きと競技力との関係について日本人長距離選手を対象に分析した研究によると、靴を履いたランニングでは競技力の高い選手の方が劣る選手よりも支持期の膝の曲がりが大きかったことから、優秀な選手は膝を適度曲げることで蹴り出す力を高めていることを指摘している¹⁴⁾。

今回測定した角度はその瞬間の角度を見たものであり、動きの速さや動作そのものを示すもので

はないが、各測定値を組み合わせることによって接地期の下肢の動きを推測できるものと考えられる。今回、ノーマルランニングにおいて接地膝角度が有意に大きく、支持期膝角度が有意に小さいことを勘案すると、ノーマルランニングでは先行研究のように接地時に膝を曲げることで接地の衝撃を和らげ、前方への推進力を高めることへの予備動作として膝を曲げている可能性がある。走りやすさの内省報告で示された「靴の反発力」や「クッション性」などは、靴の機能¹⁾を十分に活用するとともにノーマルランニングのフォームを補助するものとして肯定的に感じられたのかもしれない。

ベアフットランニングでの前足部の接地方法は、接地による衝撃を緩和しやすく、それまで持っていた前方への推進力を低減しにくいことが特徴として考えられている¹⁷⁾。本研究においても接地膝角度で有意に小さいことは、接地直前の下腿を積極的に後方に引きながら接地をしていることを示していると考えられ¹⁰⁾、接地の衝撃を緩和することに有利に作用すると推測できる。また、支持期膝角度で有意に大きいことから推進力の加え方にも違いがある⁸⁾と考えられる。

以上のことから、ノーマルランニングとベアフットランニングとはランニングのリズムや力発揮の仕方に差異があると考えられ、選手の特徴に合わせて活用することで、フォーム矯正の一手段になりえると考えられる。

IV. 要約

大学生中長距離選手12名を対象に、靴による普通のランニング（ノーマルランニング）と裸足によるランニング（ベアフットランニング）の動作の特徴を明らかにして、フォーム矯正の一手段としてベアフットランニング活用の可能性を検討することを本研究の目的とした。3段階の速度（5分30秒、4分30秒、3分30秒/km）での50m

走による映像を分析に用いた。得られた結果を以下にまとめた。

- 1) 選手の内省的報告によるとベアフットランニングはノーマルランニングと異なるものの、走りやすさには大きな差異は無かった。
- 2) 速度の変化と接地位置との関係においてベアフット、ノーマルランニングともに有意差は認められず、速度の変化により接地方法の変化は認められなかった。ベアフットランニングはノーマルランニングに比べてフォア接地が有意に増えており、裸足で走ることにより接地方法の異なることが認められた。
- 3) 走速度の増加とともに両条件でストライド、ピッチ、滞空時間および滞空/支持比の増加と支持時間の短縮が認められた。両条件の比較ではベアフットランニングで統計的にストライドが狭く、ピッチが速く、接地時間に短い傾向が認められた。
- 4) 支持期の下肢関節角度の特徴においては、すべての分析角度において交互作用が認められず、速度が速くなるに従い接地角度および離地角度が大きくなり、支持期膝角度は有意に小さくなった。ベアフットランニングはノーマルランニングに比べて接地膝角度と支持期膝角度に有意差が認められ、接地による衝撃の緩和や推進するための力の加え方に違いがあるものと推測された。
- 5) 以上のことから、大学生中長距離選手のベアフットランニングはノーマルランニングとフォームが異なり、フォーム矯正の一手段になる可能性を有していると考えられる。

<参考文献>

- 1) アシックススポーツ工学研究所（2013）：足と靴の科学，日刊工業新聞社，東京，pp. 26-79.
- 2) Cavegn G.A., Willems P.A., Franzetti P.C. Detrembleur (1991) : The two power limits conditioning step frequency

- in human running. *J. Physiol.* 437, 95-108.
- 3) Cavanagh P.R., Williams K.R., (1982) : The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sports Exerc.* 14, 30-35.
 - 4) 榎本靖士, 岡崎和伸, 岡田英孝, 渋谷俊浩, 杉田正明, 高橋英幸, 高松潤二, 前川剛輝, 森丘保典, 横澤俊治 (2007) : ケニア人長距離選手の生理学的・バイオメカニクスの特徴の究明～日本人長距離選手の強化方策を探る～, 上月スポーツ教育財団スポーツ研究助成事業報告書.
 - 5) Franz J.R., Wierzbinski C.M., R. Kram (2012) : Metabolic cost of running barefoot versus shod : is lighter better. *Med Sci Sports Exerc.* 44 (8), 1519-1525.
 - 6) Hasegawa H., Yamauchi T., W.J.Kraemer (2007) : Foot strike patterns of runner at the 15-km point during an elite-level half marathon. *J.Strength Cond Res.* 21 (3), 888-893.
 - 7) Hanson N.J., Berg K., Deka P., Meendering J.R., C.Ryan (2011) : Oxygen cost of running barefoot vs. running shod. *Int J Sports Med.* 32 (6), 401-406.
 - 8) 肥田直人, 石井慎一郎 (2015) : 足部接地パターンの違いによるランニングの動作分析, 理学療法学. 42 suppl 2, O-0388.
 - 9) Lieberman D.E., Venkandesan M., Werbel W.A., et al (2010) : Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature.* 463 (28), 531-536.
 - 10) 中雄勇人, 小倉庸輔, 谷田彪, 石田真規 (2014) : 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, 群馬大学教育学部紀要 芸術・技術生活科学編, 第49巻, 85-91.
 - 11) NHK スペシャル取材班 (2014) : 42.195kmの科学, KADOKAWA, 東京.
 - 12) 岡本敦, 金尾洋治 (2015) : バイオメカニクスの観点からみたベアフット・ランニングの教材研究, 東海学園大学教育研究紀要, 第1号, 13-22.
 - 13) Onywera V.O., Scott R.A., Boit M.K., et al (2006) : Demographic characteristics of elite Kenyan endurance runners. *J Sports Sci.* 24 (4), 415-422
 - 14) 丹治史弥, 関慶太郎, 榎本靖士, 鍋倉賢治 (2016) : 高強度走行中のランニングフォームと経済性, ランニング学研究, 27, 21-35.
 - 15) Tung K.D., Jason R. Franz and Rodger Kram (2014) : A test of the metabolic cost cushioning hypothesis in barefoot and shod running. *Med Sci Sports Exerc.* 46 (2), 324-329.
 - 16) 山本正嘉 (2011) : 歩く・走る; 機能解剖・バイオメカニクス 北川薫 編, 文光堂 (東京), pp.135-144.
 - 17) 吉野剛 (訳), : ベアフットランニング; Ken Bob Saxton (著), スタジオタッククリエイティブ (東京).