

ランニングフォームの力学的考察*

Mechanical considerations on the running form based on the “Beginning Movement Load Theory”

関野 恭弘 Yasuhiro SEKINO**

米重 修一 Shuichi YONESHIGE**

Abstract

We discuss a form for long distance running based on the “Beginning Movement Load Theory” from the point of view of mechanics. The characteristic features of this running form are the role of hamstrings when a leg is pulled up, and the way that leg is brought forward using the rotation around the axis formed by the other leg. We point out that the ground reaction force (GRF) is not used in these movements. The GRF would contribute to the motion of the center of mass of the runner, but this fact suggests that unnecessary vertical motion of the center of mass is kept to the minimum in this running form.

Keywords: 中長距離走, ランニングフォーム, 初動負荷理論, バイオメカニクス, 力学

1 はじめに

良いランニングフォームとは何かという問には、誰しも興味があると思うが、その明確な答は分かっていない（少なくとも広く知られていない）。余計なことを考えずに走ることにより自分に合ったフォームを見つけるのが一番だ、という考え方は間違いではないだろう。しかし、誰にでも通用する一般的な良いフォームというものは存在すると考えられる。それがどういうものか説明できれば、専門的な選手はもちろん、運動が苦手な人や若くない人がランニングを始める場合などに大きな助けになるだろう。本稿は、それに寄与することを目標としている。ここでは、中長距離走の場合を考える。

著者の1人（米重）は、選手および指導者として一貫して「初動負荷走法」に取り組んできた。初動負荷走法、およびより広い意味の「初動負荷理論」¹⁾は、小山裕史氏により提唱された、体幹から末端部への筋肉の運動連鎖を重視する考え方である²⁾。米重は選手時代に小山氏に出会ってトレーニング方法を見直し、初マラソン日本最高記録、ソウルオリンピック5,000mおよび10,000m出場をはじめとする業績を挙げることができた³⁾。また、米重はこの走法に基づき、拓殖大学陸上部監督として、後にロンドンオリンピック・マラソン日本代表として活躍した藤原新、中本健太郎らを指導した（藤原選手の回想⁴⁾参照）。また近年、米重は一般の走者を被験者とした研究調査を行っており、初動負荷走法を意図した簡単な説明とトレーニングをタイムトライアル直前に行うことにより、ある程度のタイム向上が見られることを示した^{4,5,6)}。

本稿の目的は、このように実践的に優れていることが立証されている初動負荷走法を、著者の1人（関野）が専門とする物理学の知識を踏まえて考察することである²⁾。

人体の動きはニュートン力学により表されるので、原理的には、運動方程式を解くことにより、良いランニングフォームとは何かが分かるはずだが、残念ながら現状はそれにはほど遠い。それは、以下の理由からだと思われる。力学では、

力を加える物体と力を受ける物体が完全に分離している場合、問題が比較的簡単になる。力を受ける側の物体の加速度は、力が与えられれば運動方程式から分かるので、加速度を時間について積分することにより、速度や位置が容易に求まる。そのため例えば、投擲競技、短距離走のスタート、野球のバッティングなどについては、力学に基づく理解が比較的進んでいるようである（例えば、文献^{7,8)}参照）。しかし、一般に筋肉の力は、人が自分自身に及ぼす力である。ランニングの際、人は地面に力を加えることにより、地面反力（作用反作用の法則により、地面から反作用として受ける力）を受ける。ここで興味のあるのは、人がほぼ一定の速度で走る場合である。そのとき、筋肉をどう使えばよいかという問題は、力を及ぼす物体と力を受ける物体が分離できない典型例であり、答はすぐに明らかではない。

本稿では、第一原理から何が良いランニングフォームかを解明しようとまでは考えず、実践的に優れていることが知られている初動負荷走法がどういうものかを説明することを目指とする。初動負荷走法は、初めて聞いた人には難解な謎めいた理論だと感じられることもあるので、物理の言葉を使った記述がこの走法の理解の助けになることを期待している。

本稿の構成は以下の通りである。第2節では、初動負荷走法の説明を、創始者の小山氏の著書や米重の論文からの引用を交えて行う。第3節では、まず力学におけるごく基本的な注意点として、座標系の混同に注意すべことを述べ、その後、初動負荷走法を初めて聞く人が誤解しやすい点について説明を与える。この節では、走者の重心運動を理解することを主な目的とする。第4節では、ハムストリングスの力で足を持ち上げる動きについて説明する。第5節では、初動負荷走法の特徴的動作である足を前に出す動きが角運動量保存則に基づいていることを指摘する。そして、それを含む一連の動きを解説する。第4節と第5節では、走者の重心のまわりの相対運動を理解することを主な目的とする。第6節では、初動負荷走法を実践するにあたっての筋力トレーニング等に関するアドバイスを述べる。第7節では、まとめと今後の展望を述べる。

* 原稿受付 2022年10月31日

** 拓殖大学工学部基礎教育系列

2 初動負荷走法

初動負荷走法は、創始者の小山裕史の著書「奇跡のトレーニング」¹⁾で以下のように定義されている。

反射的・加速的に動くためには、右足が出る時に、右足に右胸を乗せるように、左足が出る時に左胸を左足に乗せるように動作させる。垂直軸＜股関節、膝関節、足首の関節が垂直にならぶ^{注3)}＞が形成された上に交互に上体が乗り込むので、地面を押す力が大きくなる。

肩、肩甲骨、鎖骨の動きが柔らかい動作のできる人であれば、右足に右胸が乗る時、肩甲骨がスライドして、右腕は加速的に内向きに動く……これを、Dodge Movement（かわし動作）と呼ぶ。

この動作ができると、反射的に骨盤にまでいたる大きな背中筋の筋肉が瞬時に働かされ、骨盤を通じて接地足のもも裏の出力を爆発させる。そしてその後、振り出し足の緊張を緩めて、振り出しやすくする……初動負荷走法定義。

同書では、さらに、以下のように説明されている。

人間の場合、膝を深く曲げず、足底全体で着地するという連続動作の中で、進行方向に骨盤が前傾できると、重心が先に移動し、足底部はまだ地面を押さえています。その最後のギリギリの瞬間に拇趾球が地面を押すと、更なる加速度が生まれます。これが本当の「キック」です。旧来の「速く走るには拇趾球で地面を蹴りなさい」とは全く逆の動作ですね。スピーディーでしなやかな走りのできる馬やピューマ達の動きに近いのが「初動負荷走者」です。

米重の論文^{2,4,5,6)}で強調されているように、初動負荷走法の筋力の出力順は、

大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋となる。ここでは、太ももの力（大腿四頭筋）ではなく、ハムストリングスの力が重要とされる。米重は、この考え方の妥当性を検証することと、一般走者のトレーニングを改善することを目的に、ハムストリングスへの事前刺激や、背筋をストレッチしながらのウォーキング等を取り入れた事前トレーニングにより、走力の向上が見られるかを調べている^{4,5,6)}。

初動負荷走法の理想的フォームを持ったランナーとして、イタリアのアルベルト・コバ（Alberto Cova）選手が挙げられる。インターネットで検索すると、1984年ロサンゼルス・オリンピックや1983年ヘルシンキ世界選手権の10,000m走優勝時の動画を見ることができるので、一見をお勧めしたい。可能なら、スローモーションやコマ送りで視聴されると理解しやすいかもしれない。それを見ると、背筋が伸びていて、他の選手に比べて、上体が地面に垂直に近いことがまず分か

る。また、上体の軸のぶれがほとんどなく、上下動が非常に少ないという顕著な特徴がある。

3 地面を後方に押す動き（重心運動）

初動負荷走法を考える前に、力学に関するごく基本的な注意を与えたい。力学では、まず座標系（何を基準に運動を記述するか）を指定する必要がある。ランニングを考察する際、静止した地面を基準にするか（静止系）、走者を基準にするか（重心系）の2通りが考えられる。後者では、正確には走者の体のどこを基準にするかに応じていくつか候補があるが、ここでは、走者の重心を基準にすることとして重心系と呼ぶことにした。もちろん、どの座標系を使っても、正しく計算を行えば答は一致するが、問題によっては、ある座標系では簡単だが別な座標系では難しいという場合もある。力学でよくある間違いは、自分が使っている座標系を他の座標系と混同することに起因するので、その点に特に注意が必要である。

初動負荷走法を始めて聞いた人は、大腿四頭筋を使って体を押さないと走れるわけがないではないか、と思うことが多いようである。これは、走者と地面の両方が止まっている座標系が存在するように錯覚してしまうことによると思われる。走者が静止した状態から走り出す瞬間を考えるなら、短距離走のスタートのように大腿四頭筋の力で体を押すのが有効だろう。この場合は、静止系も重心系も同じであるが、走者が走っている状態では、静止系か重心系かどちらかで考えなければならない。

中長距離走では、コバ選手の映像からも分かるように、着地するときには既に、着地する足の膝はまっすぐに近く、足は地面に垂直に近くなっている。このように、オーバーストライドにならず、なるべく体の真下にフラット接地（地面に対して垂直に、足裏全体で着地）するよう意識することが重要である。（オーバーストライドの弊害については、米重の過去の論文²⁾で詳しく述べられている。）

慣性の法則より、物体は力を受けなければ速度を保つので、着地した後、静止系の言葉では、体は水平方向の速度をほぼ保ってそのまま前に進む。重心系の言葉では、着地した足は後ろに流れていく。これは、ももを高く上げて前方に着地し、大腿四頭筋の力で体を前に進めるといふのとは全く違った動きである。実際は、着地する足は地面に垂直よりやや前に着地し、その際、重心運動を減速する向きの地面反力を受けるので（例えば、文献⁸⁾参照）、その際、大腿四頭筋の力は着地の衝撃を和らげる役割を果たす。しかし、重心運動を前向きに加速する地面反力は、足が重心より後ろにあるときに地面を押すことにより得られる。米重は、指導の際、「滑るように走れ」という表現でこれを表している（藤原新選手は、大学時代このように言われて常に意識していたと回想している²⁾）。

このとき、足の接地時間が長いことが望ましい。そのほう

が、地面反力による力積（力×時間）が大きいからである。また、足を地面から離す直前に、足と地面の法線との角度が一番大きくなり、地面反力の前向きの成分が大きくなる。前節の引用文で「ギリギリの瞬間に（中略）更なる加速度が生まれます」と表現されているのはこの意味だろう。

このような走り方をするには、脊柱起立筋の役割が重要である。地面にほぼ垂直にフラット接地し、その足で地面を後方に押すのに伴い下半身は前傾していくが、その際、脊柱起立筋により骨盤を前傾させ、上半身をなるべく鉛直に保つことが重要である。初心者にはこれを聞くと、体が反り返って足を前に出すフォームになってしまうかもしれないが、言うまでもなく、それではフラット接地にならないので、第一に前傾を意識すべきである。

(a)下半身が前傾していて上半身が鉛直に近い場合を、(b)体全体が棒のように直線状に前傾している場合と比べると、足と地面がなす角が同じなら、当然、(a)のほうが重心が高く保たれる。そのため、動作中に足を伸ばすことにより（大腿四頭筋の力で、少し曲がっていた膝を伸ばすことにより）重心の高さを保つことを考えるなら、(a)の場合のほうが容易にできる。その際の地面反力は足の方向に働く。足の方向は、(b)の場合、足の接地点と重心を結ぶ方向だが、(a)の場合、それより水平に近いので、地面反力の水平成分の割合が比較的大きい。米重の指導するランナーが、脊柱起立筋を意識したら爆発的な加速が得られた、という感想をしばしば述べているが、これは、地面反力の水平成分が想像より大きかったことを意味していると思われる。今後の研究で、この(a)と(b)を表す数理モデルを詳しく調べたいと考えている。

4 足を持ち上げる動き（ハムストリングスの力）

足を地面から持ち上げるにはハムストリングスの力が必要になるが、その重要性は、静止して立っている姿勢を思い浮かべてしまうと分かりにくいかもしれない。その状態からハムストリングスを収縮し始める瞬間は、持ち上げる足の膝より下の部分にかかる重力は足に沿った上向きの力とつり合っているのだから、必要な力は、（膝より下の部分の質量）×（その部分の加速度）だけで済む。しかし、ランニング中は、上述のように足と地面の法線の角度が大きい状態から足を持ち上げるので、上記の力に比べて、膝より下の部分にかかる重力の分だけ大きな力が必要になる。

足を地面から持ち上げるときにハムストリングスの力を使うということは、地面反力をあまり使わないということである。持ち上げた足が、地面を離れる直前に地面を押したことによる地面反力は多少あるが、もう一方の足は空中にあるので、当然そちらからの地面反力は無い。ハムストリングスの力は内力（走者が自分自身から受ける力）であり、重心運動には寄与しない。しかし、地面反力は外力（走者が外部から

受ける力）なので、走者の重心はそれに応じた加速度を受ける。足を持ち上げるために余計な地面反力を使わずにハムストリングスを積極的に使って走れば、重心の余計な動きが抑えられ、上下動が少ないフォームが実現されと考えられる。それと対照的に、ももを高く引き上げる動作においては、接地している反対側の足からの地面反力を使っているのだから、重心が上向きの加速度を得る。それにより上下動の多い、ボールが跳ねるようなフォームになる。それが中長距離走に適していないことは明らかだろう。近年では、短距離走でそれが有利かどうかとも明らかなでないとされている（例えば、文献⁸⁾参照）。

なお、ハムストリングスの力を使うと聞くと、足が後ろにだらんと流れたようなフォームになると思われるかもしれないが、そういうわけではない。前述のように、静止して立っている人を思い浮かべてしまうと、そう錯覚してしまうかもしれない。もちろん、足の接地時間が長ければ、それだけ接地している足が重心に比べて後方まで達するが、足が地面を離れた後はハムストリングスの力が強ければ、足は上向きの力を受けて折りたたまれる。足の付け根を中心とした回転半径を考えると、当然、足を折りたたんだ場合のほうが、足を伸ばしている場合より小さいので、前者のほうが、次節で説明する力によって足を前に振り出すことが容易になる。それにより、「かかとの返しが速い」と表現される良いフォームになる。

5 足を前に運ぶ動き（重心まわりの相対運動）

初動負荷走法の大きな特徴であり、難解と思われがちでもあるのが、第1節の引用文で述べられている「かわし動作」（右足に右胸が乗る時、右腕は加速的に内向きに動く）という部分だろう。

この動作は本質的には、角運動量保存則により以下のように説明できる。角運動量保存則についての一般的な説明はしないが、ここでは、回転していない物体が、外部からのトルク（力のモーメント）を受けずに回転し始めることはないという意味だと思って頂きたい。歩行運動において、角運動量保存則のため、上半身と下半身が上から見て逆向きに回転することはよく知られている（例えば、文献^{8,9)}参照）。以下の動きは、それを積極的に利用したものと考えてよいだろう。

ここでは、右足が着地した直後を考える。前述のように、右足は地面に垂直に近い角度になっている。この軸（「垂直軸」）のまわりの回転を考える。この軸のまわりに走者の体が外部から受けるトルクは無いので、この軸のまわりの角運動量（回転の勢いを表す量）は保存される^{注4)}。

右腕を少し内側に入れることにより、垂直軸のまわりに、上からみて反時計回りの回転が上半身に生じる。（この動きを生じさせたトルクは、主に大胸筋による。これはわずかな動

きなので、走者としては後述の腸腰筋の動きを意識すべきかもしれない。)角運動量保存則より、体全体としての角運動量はゼロでなければならないので、このとき同時に、上半身の角運動量と反対向きの角運動量がどこかに生じなければならない。具体的には、上から見て時計回りの回転が下半身に生じ、後ろに振り上げられていた左足が前に引っ張られる。この動きを生じさせるトルクは腸腰筋によるものである。走者が大胸筋と腸腰筋のどちらを意識するにせよ、もう一方の筋肉の動きは「勝手に」同時に起こる。

前節のハムストリングによる動きと同様、この動きにも地面反力は使われていない。右足からの地面反力は、回転軸を支えるためにだけ使われており、軸のまわりの回転には寄与しないためである。

言うまでもないが、この動きは「腕を大きく振っても高く上げて走る」という動きとは違うことを強調しておく。腕を大きく振るというのは、ももを上げた場合の重心を保つための動作だと考えられるが、その動きは、ここで考えている垂直軸のまわりの自然な回転を妨げることになる。

以上で述べたことを、前節で説明した「大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋」という筋肉の出力順に従って、振り返ってみる。右足が着地した瞬間から考えると、まず、大胸筋の働きにより、右腕が少し内側に入る。

そこから、右足で地面を押す動きが始まる。その際、背筋(広背筋、脊柱起立筋)の役割が重要である。右足から上向きに地面反力を受けているが、重心はそれより左にあるため、重力により体は左側に倒れようとするトルクを受ける。それを打ち消すため、右側の広背筋の力で、体の右側を下げる(重心を持ち上げる)が必要になる。(胸を張って背筋を伸ばした姿勢で、左足を伸ばして宙に浮かせて前に出してみると、右肩の下あたりの筋肉が緊張するのが感じられることから、広背筋が働いていることが分かる。)これは、懸垂で体を引き上げる際に使うのと同じ筋力である。

前節で記したように、足の接地時間が長いことが望ましい。その際、脊柱起立筋により骨盤を前傾させ、上半身を地面に垂直に近い状態に保つ。それにより、安定した姿勢を保って地面を強く押すことができる。

右足を地面から持ち上げるのにハムストリングスの力を使う。両足が地面から離れている時間がしばらく続く。

その後、振り出していた左足が着地して、左足について同様の動きが始まる。左側の大胸筋の出力と同じタイミングで、右側の腸腰筋が働き、跳ね上げられていた右足が前方に振り出される。この最後の動きは、同時になるように走者が意識するという意味ではなく、物理法則(角運動量保存則)により同時に起こらざるを得ないという意味であることを、再度強調しておく。この一連の動きが繰り返される。

6 実践に向けてのアドバイス

上で説明した動きは、歩く際に試してみるとある程度理解できると思う。上で述べたことを全て意識することはできないだろうが、一部を意識することにより全体として良い動きにつながる事が感じるのが重要である。

ランニングにおいて初動負荷走法を行う際は、ゆっくりと動作を確認しながら走るのがよい。また、チェンジ・ウォーキング・フロム・ランニング(走っている状態から歩いている状態に移行する)と、チェンジ・ランニング・フロム・ウォーキング(歩いている状態から走っている状態に移行する)は、良いフォームを確認するのにとりわけ有効とされている¹⁾。また、米重は、ランニング時に動作を確認するには、「骨盤の動きに意識を集中して」、「競歩のように腸腰筋を使って走る」のが有効であると指導している。

以下のような、背筋のストレッチを行いながらのウォーキング(ウォーキングストレッチ)は、良いフォームで走るために非常に有効なウォーミングアップである。

ウォーキングストレッチ：

Fig. 1 左上のように、組んだ手を真上に上げる。この際両腕を耳に付けると、肩甲骨がストレッチされる。この状態で歩行すると骨盤が前傾され、腸腰筋がのばされていることが確認できる。



Fig. 1：左上：ウォーキングストレッチ、右上：ベンチプレス（バーを下げる水平位置に注意）、左下：同場面を別角度より（バーを下げる最大の深さは肘が約90度）、右下：体幹から末端部への出力順を意識した懸垂

さらに、以下のようなスクワットも、骨盤の前傾を身につけるのに大変効果的である。

スクワット：

上と同様に、組んだ手を両腕を耳につけて真上に上げた状態で、下を向かず正面を向いたまま、膝を曲げる。膝を深く曲げる必要は無いので、膝がつま先より前に出ないように、おしりを後ろに突き出すようにして行う。止まらずに、ある程度リズムカルに行うのがよい。膝を曲げていくと、脊柱起立筋が強く緊張し、骨盤が前傾するのが感じられるだろう。

初動負荷走法のためには、ある程度の筋力があることが望ましい。そのためのトレーニングとして、ベンチプレス、懸垂、レッグカールの3種がある。米重が指導している、それらの内容を以下に記す。いずれのトレーニングも、脊柱起立筋の出力を意識しながら行う。これらの目的として、筋力アップ以上に重要なのは、体幹から末端部へ正しい出力順を体で覚えることである。

1. ベンチプレス

ベンチに横になり、脊柱起立筋に力を入れて骨盤を前傾させる。おしりの上部と肩甲骨をしっかりとベンチにつけ、腰とベンチに手のひらくらいの空間が出来ていることを確認する。足の裏は床につける。以下の動作の間、常にこの姿勢を保つ。

バーを持ち上げてスタート。バーは、深呼吸をして胸が一番高くなる位置に下ろす (Fig. 1 右上)。これより顎に近い位置に下ろしてしまう人が多いので注意。肘が約90度になる位置まで下ろす (Fig. 1 左下)。それより深く下ろすと腕の力で挙げるようになってしまうので、角度は浅めでよい。

この切り返しのタイミングで脊柱起立筋を出力させ拳上する。すると脊柱起立筋⇒ハムストリングス、脊柱起立筋⇒腸腰筋⇒背筋⇒大胸筋⇒腕へと出力し、体幹から末端部へ筋肉の運動連鎖が構築される。力まかせではなく、「スポン」と抜けるようにバーを挙げる感覚をつかむことが重要である。

脊柱起立筋は姿勢保持の役目をするため、骨盤前傾に必要な重要な筋肉である。通常ベンチプレスは、胸と腕の筋肉を強化させるトレーニングと考えがちだが、脊柱起立筋から出力することで、ランニング時と同様の体幹から末端部へと出力する動作が構築される。

最大筋力の70%の重量で10回を4セット行い、セット間のリカバリーは60～90秒。

2. 懸垂

鉄棒を握る際、手を肩幅より少し広めにして、親指を外して握る。親指を外さずに鉄棒を握った懸垂では、鉄棒を握っ

た瞬間に腕の筋肉から先行して出力され、目的の体幹から末端部へと出力する動作が崩壊してしまう。

脚を組んだ状態で骨盤を前傾して鉄棒にぶらさがり、胸を鉄棒に寄せるように体を上げる (Fig. 1 右下)。このとき、顎ではなく胸を鉄棒に寄せる意識を持つ。上げる高さは、Fig.1の写真くらいまで。懸垂で主に使われるのは広背筋だが、脊柱起立筋を使って骨盤の前傾を保ちながら行うことにより、体が軽くスムーズに上下する感覚が得られる。

ベンチプレスの場合のように、脊柱起立筋⇒腸腰筋⇒広背筋⇒大胸筋⇒腕と出力し、ランニング時と同様の体幹から末端部へと出力する動作が構築される。

最大負荷で3セット行い、セット間のリカバリーは90秒。

3. レッグカール

レッグカールマシンにうつ伏せになり、片足ずつで、脊柱起立筋⇒ハムストリングスへと出力しレッグカールトレーニングを行う。このトレーニングは、両方の脚を同時に行うと、左右のハムストリングスに筋力差があった場合、筋力のアンバランスがさらに大きくなるため、左右別々に行う必要がある。

このトレーニングでは、ランニング時と同様の脊柱起立筋⇒ハムストリングスへと出力する動作が構築される。

最大筋力の70%の重量で10回を4セット行い、セット間のリカバリーは60～90秒。

良いフォームを実感として身につけるには、上記のトレーニングを行って筋肉に刺激を与えた後にランニングを行うのが非常に有効である。米重の論文では、一般のランナーに、事前刺激としてレッグカールを行ってもらい、ごく簡単な走り方の注意を与えることにより、タイムトライアルを行い、それだけで通常のタイムトライアルに比べて、ある程度タイムの向上が見られることが確認されている^{4,5,6)}。

7 まとめと今後の展望

本稿では、初動負荷走法がどのようなものかを紹介する目的で、物理学（力学）の言葉を使った説明を行った。第3節で、ごく初歩的な点として座標系の混同に関する注意を述べ、初動負荷走法を初めて聞いた人が誤解しやすいと思われる点について説明した。第4節では、ハムストリングの働きについて解説した。第5節では角運動量保存則を用いて、初動負荷走法の特徴的動きに関する説明を与えた。

本稿では、動作の個々の段階でどのような力が働いており、どのような姿勢を取るのが望ましいかについての詳しい説明を与えるには至らなかったため、今後の研究でより詳しい考察を行いたい。第3節最後で触れた(a)(b)の場合に相当する簡単な数理モデルの解析を現在行っている。それにより、脊柱

起立筋により骨盤の前傾を保つことの重要性を分かりやすく示したいと考えている。

第4節で指摘した、ハムストリングスの力を使うことにより重心の上下動が少ないフォームになるという事実や、第5節で指摘した、右足が着地した際に右肩が内側に入るのと、振り上げられた左足が前に引っ張られるのが、厳密に同じタイミングで起こるという事実は、これまで意識されていなかったように思われる。このように、どのような走者についても成り立つ一般的事実を導くことが出来るという点は、物理の強みと言えると思う。

本研究の重要な結論は、初動負荷走法では、足を持ち上げて前に運ぶという動きにおいて、余計な地面反力を使っていないという点である。米重は、「大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋」という筋肉の動きが「つながるように」と指導しているが、「つながる」という感覚は、余分な地面反力を使っていないときに得られるように思われる。地面反力は重心運動に寄与するので、重心まわりの相対運動を実現したいときにそれを使ってしまうと、体の各部分のスムーズな動きを妨げるためである。さらに言えば、中長距離走の良いフォームの条件とは、重心のまわりの相対運動の際に地面反力なるべく使わないことなのではないだろうか。これは、今のところ仮説の段階だが、今後の研究で詳しく検討したい。

また、第6節で筋力トレーニングを紹介したが、良いランニングフォームのために必要とされる筋力として、著者らが経験的に感じている目安がある。今後の研究で、体の各部分に働く力の大きさを見積り、その経験的目安に対して理論的根拠を与えたい。

近年の画像解析や加速度センサー等の進歩により、体のさまざまな部分に働く力の測定が原理的に可能になりつつある。今後、多数のランナーの映像の機械学習により良いフォームとは何かが導かれる時代が来るのかもしれない。そうだとした場合、本研究のように、良いフォームがなぜ優れているかの理解を目指した研究の必要性が薄れることはないと思う。

ランニング動作の力学による説明がある程度分かりやすい形でできたら、物理教育における題材として利用することも考えたい。力を加える物体と力を受ける物体が分離している単純な例ばかりが扱われていることが、学生たちの物理に対する潜在的な不満の1つであるように感じられる。ランニングのような例への力学の応用を紹介できれば、学生達に力学の有用性を大いに印象付けられるのではないかと思う。

注釈

注1) イチロー選手や山本昌選手をはじめとする野球選手が、小山裕史氏のもとで初動負荷理論に基づくトレーニングを行っていたことを報道でご存じの方も多いかもしい。

注2) 小山氏の著書¹⁾では、神経伝達系の働きにも触れられている。ここでは力学的側面に絞って考察するが、そのような生理学的側面を否定するわけではない。進化論の観点からは、力学的に優れた動きと生理学的に優れた動きが一致していることは十分ありうるのではないだろうか。

注3) 股関節、膝関節、足首の関節が垂直にならぶ」は、「一直線にならぶ」の意味だと考えてほしい。

注4) 厳密には、この軸が傾いていく効果も考える必要があるが、本稿では、足は地面に垂直に着地したとして、その角度が変わらない程度の短時間を考えることにする。

参考文献

- 1) 小山裕史, “奇跡のトレーニング 初動負荷理論が「世界」を変える,” 講談社, 2004.
- 2) 米重修一, “運動連鎖の違いによる走力の変化,” 拓殖大学理工学研究報告 vol. 18, 11-14, 2021.
- 3) 藤原新, 月間ランナーズ 7月号, 80-81, 2019.
- 4) 米重修一, “高校駅伝チームのウォーミングアップの改善,” 総合文化学会論集 第7号, 2017.
- 5) 米重修一, 中雄勇人, “クロスカントリーコースを用いたトレーニングがランニングフォームへ与える影響,” 拓殖大学論集 人文・自然・人間科学研究 第43号, 97-102, 2020.
- 6) 中雄 勇人, 米重修一, “特定の筋への刺激が疾走フォームに与える影響,” 群馬大学教育学部紀要 芸術・技術・体育・生活科学編 第55巻, 55-59, 2020.
- 7) Irving P. Herman, “人体物理学～動きと循環のメカニズムを探る～,” NTS, 2010.
- 8) 金子公宥, 藤原敏行, “スポーツ・バイオメカニクス入門 第4版,” 杏林書院, 2020.
- 9) 深代千之, “骨・関節・筋肉の構造と動作のしくみ,” ナツメ社, 2014.