

ランニングスキルの改善と歩数計測の意義

山崎 健 (新潟大学教育学部)

キーワード：

スキルの改善、フィードバック情報、歩数計測

1. はじめに

同一の持久的能力を持つと見なされるランナーAとBが、レースでは「常に」Aが良い記録を出しているとした場合、その要因には、「心理的要因」と「不適切なペース配分」とともにランニングの「機械的効率」の問題が考えられる。

金子(1991)は、競歩選手の持久的能力とパフォーマンスとの関係から機械的効率を検討し、一般の競歩選手が17%程度であるのに対してトップクラスの選手では29%を越える大変高い値を示すことを報告した(ちなみに15~20km/hのランニングでは40~50%程度との報告がある)。そして、コーチとの討論からこの高い効率を支えているものが、膝関節を中心としたエネルギーの蓄積・再利用を可能とする競歩独特の歩行技術であることを示唆している。

理論的には、ランニングの機械的効率を改善することができれば、長距離走の記録短縮が可能となる。しかし、筆者(1986)は、トレーニング過程における持久的能力の向上は、出力パターンの具体的特殊性(テンポ変動、継続時間、技術的特性に対応した筋力発揮や疲労発現等)に依存して形成されることを指摘した。これは、ともに高い持久的能力を有する長距離ランナーと距離スキー選手であっても、前者は比較的一定のペース配分、後者は登り、平地、降りが連続的に変化し、トータルではそれぞれ3分の1の比率をもつペース配分という出力特性の違いを持っていることに象徴的な現象である。この点で、パフォーマンスの向上には、持久的能力の向上と技術的改善とを密接に結びつけたトレーニング計画の立案と実行が不可欠であり、心拍数や血中乳酸、動作解析による技術的情報等のフィードバックを受けながらトレーニングを継続することが重要である。

しかし、それらのスポーツ科学的なサポ

ートは、いわゆる「市民ランナー」ではなかなか受けることができない。この点で、最近市販されている腕時計のオプション機能としての「心拍数」や「歩数(間接的に距離やスピードも表示される)」を利用すればある程度のトレーニング管理は可能になるものと思われる。

2. 動作改善のメカニズム

ランニングは、1才以降の歩行の完成にひき続いて獲得される発育の初期から継続して繰り返されている動作パターンである。一般に「動作の学習」という概念は「反復練習」と対応している。

知能システム研究会(1987)は、この反復による動作学習について、「紆余曲折喜怒哀楽はありつつも、だいたいのアドバイスさえ与えられれば、あとは何度も繰り返し練習するだけで、どんな運動でもそれなりに上達してしまうというのは、人間という生き物の大変素晴らしくも不思議なところである。」と指摘している。金子(1968)は、運動技術の本質的概念としての「経済性」「合理性」をあげ、運動の習熟により使用されるエネルギーを最少にし、最大の効率をうみだすようになっていくものと規定している。

伊藤(1992)は、この「熟練」のメカニズムを、前庭動眼反射を例とした小脳の適応制御モデルととらえている。つまり、直接手足を動かす指令を出す大脳皮質運動野では、結果のフィードバックを受けながら実際の動特性Gを計算しつつ手足を動かし、これを反復して繰り返すことにより、

小脳ではこの動特性の逆数 $1/G$ のモデルを完成させ、同一の運動軌跡をたどる(熟練する)ことができるようになるという、「遅いフィードバック制御系」が「速い前向き制御系」に切り替わるというプロセスの存在を指摘する(図1)。川人(1988)も、ロボットアームの運動軌道の形成につ

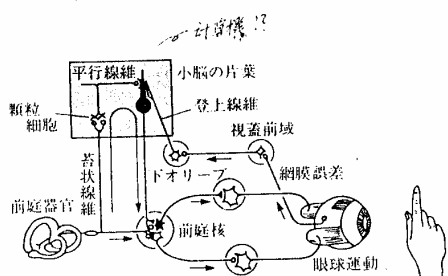


図 25 前庭動眼反射系. 前庭動眼反射の経路に、小脳の片葉の回路がつながって制御回路を形成する。

いて同様のモデルを提示し、この繰り返し学習は、個々の軌道を学習するのではなく、動かすべき手足の「動特性（動くべきことわり）」を学習するのではないかとの大変ユニークな理論を展開している。

つまりこれらを総合すると「反復により動作は次第に改善される」との結論になる。

3. 市民ランナーのランニング

しかし、我々市民ランナーの感覚としては、ランニング動作は子どもの頃から「無数に」反復し、かつ現在でもほぼ「毎日」走っているにもかかわらず「依然として」ランニングフォームが改善されていないように思われる。確かに、ランニング経験のない初心者と比較すれば「効率的」な走り方をしてはいるが、トップランナーと比較すれば、ストライドの伸びや重心の上下動の少なさといった点での差異が指摘される。

これは、一定の筋力水準を前提としたスプリントトレーニングや各種のスキップトレーニング経験の不足とともに、「運動の学習」における「判定の基準」ともかかわった問題と思われる。

知能システム研究会（1987）は、これを「1回1回の試行の結果その評価値がより大きくなるよう運動パターン、制御機構を変えること」が必要で、「大域的探索」と『山登り法』による極大値探索」を併用するこ

とが重要であるとしている（図2）。

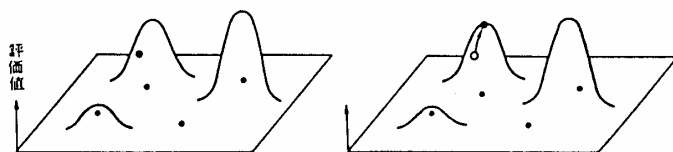
つまり、我々市民ランナーは、繰り返し学習により「ひとつの山の極大値」には達してはいるものの、大域的にみると「最も効率的な山」からは外れており、様々な条件（5Km レースから 100Km ウルトラマラソンまで）に対応した合理的なランニングは獲得されていないと考えられる。これは、川人の指摘する一般的（普遍的？）な「動特性」の学習がなされていないものとも考えられる。

この点で、日常のトレーニングでのランニングの繰り返しのなかで、「大域的」なイメージを持ちながらランニングフォームやピッチ、ストライド等のフィードバック情報を得ることができれば、持続的能力の向上とランニング技術の改善を効率的に行なうことが可能となる。

以下、本稿ではこのような出力発揮をともなう技術の発現という概念を「スキル」と表現したい。

4. 歩数計測の意義

ランニングスピードが、ストライド×ピッチで算出されるとすれば、一定区間内の所要時間と歩数を測定すれば、その区間内の平均化されたデータを得ることができる。現在市販されているカシオの加速度センサーを内蔵した腕時計（EXW-50）は、基本的には「万歩計（ペドメータ）」と同じく歩数計測機能を備えているが、各自の推定される平均ストライド（実際にはかなり変動している）を入力すれば、時速と走行距離の推定値を表示する。また、30 回までのデータ記憶やピッチ音の発生も可能で、内蔵された計算機能により体重と年齢に応じた「消費カロリー」の推定値も出力してくれる大変優れた機能を持っている。



① パラメータをランダムに選ぶ
大域的探索。

② 「山登り法」により極大値を
探す局地的最適化。これにより
得られた評価値が必ずしも
最大とはいえない。

ただし、一定区間の平均ストライドは、ランニングスピードが高くなれば当然伸びてくるし、また、レースやトレーニング後半の疲労状態ではストライドが短くなった分をピッチの増加でスピードの低下を補うという現象もあらわれてくる。

故に、歩数と所要時間による一覧表形式(表1)でデータを蓄積し、そこから実際の平均ストライドとピッチを算出し、トレーニング時のスピードや課題に対応したストライドを把握しておくことが基本となる(ペースによりストライドとピッチを何種類か設定しておく)。

筆者の場合は、20Kmを \pm 5分程度で走る際はストライドを110cmに設定し、時速12.0Kmの表示を維持する(ピッチ182/分となる)ようにペースを調整している。1 \pm 毎のラップタイムを維持しつつ、実際の距離と表示される推定距離を比較し、推定距離が短めに表示されればストライドは長めでまだあまり疲労しておらず、距離が長めに表示されてくればストライドがつまってきた分をピッチで補っており、更にラップタイムも落ちてくればグリコーゲン枯渇による疲労現象が発現してきたと判定している。

5. 技術練習と歩数計測

筆者は、動作改善の目的もあって「競歩」のトレーニングも行っている。競歩競技の場合は、いずれかの脚が必ず接地していること、支持脚は、垂直になった際一瞬でもまっすぐになっていること、というルール上の制約があるため、前述の金子の指摘するように大変に技術的要素の強い種目である。また、競歩のピッチは、ストライドがマラソン時の70%程度ということとも関連して、210~220歩/分という大変に高いものとなっている(ちなみに筆者は5000mを27分30秒で、ピッチ190spm、ストライド95cm程度のレベル)。

競歩の練習は、技術練習を中心としたメニューと「歩き込み」が基本になるものと考えられるが、どちらにせよ常に技術的情報としての「歩数」または時速表示から推定される「ピッチ」、もしくはピッチ音等によるフィードバックを受けることが重要で

あろう。特に、後半疲労してきてストライドが狭くなった状態でラップタイムを維持しようとする、「膝曲がり」や「両足の浮き」といった歩型違反を招いてしまう。設定したストライドが維持できなくなった場合は、技術的課題が成立しなくなったものと考え、ただちにそのトレーニングを中止し、目標タイムやストライド、ピッチ等の設定を変更すべきと考える。

競歩のトップクラスの選手は、前述の大変に高い機械的効率を支える技術をもっているとともに、一定の酸素摂取水準を維持する出力特性(最大酸素摂取水準よりはこちらの能力の方が相関が高い)をも有している。つまり、これらの選手は、競歩固有の技術と出力特性とが、長期にわたるトレーニングの中で融合し、大変に高い「スキル」を獲得しているものと考えられることができる。

同様のことは、ランニングの場合にもいえるのではないかと考える。もしも、競歩選手と同様に効率的な技術を身につけながら持久的能力の向上を目指すというねらいであれば、何種類かに設定されたストライドとタイムで一定区間を走るというトレーニング内容が必要となってくる。

ストライドも短く、ランニングのリズムも乱れ、心拍数も190bpm程度にまで上昇しているであろうと思われる「キツイ」トレーニングは、確かに心理的な「充実感」は得られるものの「何のためのトレーニングなのか?」という視点からは大きな疑問を含んでいる。「非効率的なランニングフォームの反復」は、ある意味では「反復練習」による「動作の固定化(低い山での完結)」にもつながりかねない危険性を含んでいる。

6. エネルギー供給系とスキル

ランニングにかかわるエネルギー供給系は、7秒以下のハイパワー(高頻度収縮性:F T筋線維)系、それにひき続く33秒間程度のミドルパワー系という2つの「無酸素過程」と、「有酸素過程」としてのローパワー(低頻度収縮性:S T筋線維)系に大別される。このことから、約40秒間でハイスピードのランニング(スピードレベルは各自で異なる)を実行すれば、

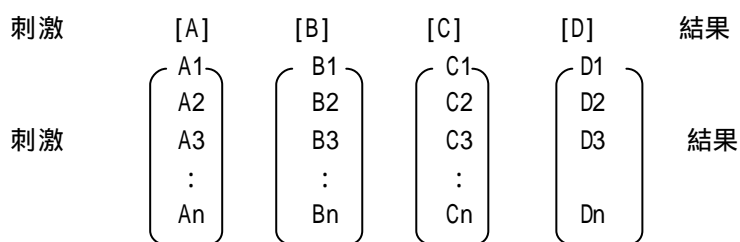
すばやく力強い動きを支えるFT系の筋線維群は「疲労困ぱい状態」に至り、運動を休止して有酸素系からのサポート（酸化過程による乳酸の分解）を受けない限りは回復されない。

また、スキルの発揮という観点から考えれば、FT系線維は細かな神経支配を受けており技術的要因に大きく関与しているが、ST系線維は「抗疲労性」は強いもののあまり細かな神経支配は受けていない。「省エネ走法」と表現される上下動の少ないランニングスキルは、機械的効率を高め総エネルギーの消費を抑制しグリコーゲンを温存するとともに、衝撃吸収にも使用されるFT系線維の疲労を防ぎ、効率的スキル自体を支えるFT系線維の機能水準を維持するという二重の意味があるものと考えられる。マラソンランナーの「筋力トレーニング」は、筋のポンプ作用や筋グリコーゲン蓄積とともにランニングスキルの改善という意味も含んでいるのではないだろうか？

以上ことから、ランニングスキルの獲得と向上には、スキルを支えるFT系線維の活動水準をある程度維持しうるレベルでのスピードが重要になってくる。佐々木（1986）は、時速4.8KmのLSDが「正しいフォーム」を身につけるために重要で

あることを指摘している。このことは、短距離走やハードル、跳躍や投擲といった種目でのリラクゼーションと動作改善を目指すトレーニングにおいても重要な点である。特に、動作改善のためのフィードバック情報は、体性感覚といわれる筋感覚信号が中心であり、応答速度も視覚信号の約4倍と速い。もしも、疲労による過度な筋緊張が存在していれば、それらの重要な信号はマスキングされてしまい、動作改善の手がかりは失われてしまう。

筆者は、ランニングスキルの向上は協応性（Co-ordination）の獲得でもと考える（1986）。これは、振り出し～接地～ドライブ～キック～リカバリーへと循環する各動作の原形（プロトタイプ）が、様々な条件下に対応して自動的に・効率的に発揮され、動作サーボに対応幅があることを意味している（図3）。ここで、プロトタイプ間の移行は、言語的・感覚的制御を受け「学習」が可能であるが、動作サーボ内の選択は感覚的制御のみでいわば「現物合わせ」に近いとの仮説を持っている。この点で、動作サーボの対応幅を改善するには、「様々な条件下」でのランニングやスキップやバウンディングなどが必要ではないかと考えている（まさに“リディアード的”！）。



7. 歩数計測の活用

では、実際のトレーニングやレースでの歩数計測はどのように活用されるのだろうか。

この点については、本誌編集委員である野田晴彦氏が膨大なデータを分析・検討されており、詳細はそちらにお任せするとして、ここでは、筆者の活用の事例を紹介したいと考える。

コンディショニングとして考えれば、毎日の練習で、同一距離を同一タイムで走っ

ていて歩数の増加傾向があらわれてくれば、それはストライドの短縮としてのFT系線維の疲労の現われと考えられ、タイムまでが低下してくれば慢性的な疲労の発現と判断し、トレーニング内容の検討や変更（休養の判断も含めて）が必要となる。

ランニングスキルの改善としては、通常のピッチとそれよりも遅いものと速いものの3種類を設定し、ストライドを伸ばしたりピッチをあげたりする練習内容が協応性の改善には重要である。筆者は、入力したストライドと設定タイムから時速表示を逆

算しておいて、トラックでのペース走やロードでの練習に利用することもある(16Km 走であれば4 Km 毎に課題を設定したりする)。

レース中には、ラップタイムの確認以外にはほとんど利用していない(そんな余裕はない?)。時々、ラップタイムと時速の表示を手がかりにピッチと体調の判断をしようと試みてはいるが、経験的には「主観的な判断」で十分と考える。

ただ、一昨年の初マラソンのホノルルでは、 \approx 5分、ストライド110cmの設定で8~30Kmの22Kmを1°50'30"と20020歩という「驚異的な正確さ(出だしのワイキキ海岸でのトイレのロスタイムにも慌てず)」で走り、それに「気を良くして」

ラストの12.2Kmを58'50"で走りきったという経験がある。

8. おわりに

以上、ランニングスキルの改善と歩数計測の活用について検討と提案をしてきたが、筆者自身は元々「跳躍選手(現在もマスターズの跳躍競技に出場)」であって長距離ランナーではない。また、運動生理学が専攻といってもその内容は「神経系の生理学」であって「呼吸や循環の生理学」ではない。その意味で本稿は、「市民ランナー」としてのあまり専門的でないアプローチとなっていることをご了承いただきたいと考える。

引用文献

- 金子敬二(1991), 競歩におけるトップアスリートの技術, 体育の科学, 41(4): 274-278
山崎健(1986), スポーツの認識と習熟(In) スポーツの自由と現代(Ed)伊藤・出原・上野, 青木書店, 東京, pp299-313
知能システム研究会(1987) B A S I Cで作る脳の情報システム, 啓学出版, 東京, pp121-143
伊藤正男(1992), 熟練の脳内メカニズム, 体力科学, 41(1): 1-7
川人光男(1988), 運動軌道の形成(In) 認識し行動する脳(Ed)伊藤・佐伯, 東京大学出版会, 東京, pp150-181
佐々木功(1986), ゆっくり走れば速くなる, ランナーズ, 東京, pp20-26