

ペースランニングの科学

新潟大学・山崎 健

はじめに

「ペースランニング」という概念は、学校体育の「持久走」に「いつ」登場したのか？

もしも体育教材がスポーツとしての「中距離走と長距離走」とを背景として成立しているとするならば、「トレーニング手段の一つ」であるペース走（レースで設定したタイムでレースよりも短い距離を走るもの）が「学習手段」として導入されるのは自然な帰結と考える。しかし、そこで問題なのは学習の「目標」が何かということであろう。

1500mの選手は、自己のエネルギー生産系を4分前後で総動員する。当然、持久的能力である有酸素系エネルギー生産だけでは間に合わず瞬発的能力の一つであるグリコーゲン解糖系（33秒程度持続する乳酸蓄積反応）も動員される。また、ATP-CP系といわれる7秒以下の純瞬発系もラストスパートには関与してくると思われる。

これに対してマラソンの選手は、ラストスパートを除けば最大の持久的能力の70%程度（女子マラソン選手は80%）で走っており無酸素系エネルギー生産の指標である血中の乳酸濃度（運動遂行の阻害因子）は急激には上昇しない。

また「デッドポイントやセカンドウィンド」は3000m以下の「中長距離走」での現象であり、30Kmやマラソンなどでの「グリコーゲン枯渇による疲労発現」とは異なる現象である。

となれば、学校教育で「デッドポイント

やセカンドウィンド」の出現する「中長距離走」の教材のみを扱っていて、健康ランニングの「習慣形成」やロードレースやマラソンという「スポーツ文化（私はレース参加自体はあまり健康づくりにはならないと考える！）」を享受しうる「主体者形成」は可能であろうか？

本稿では、「長距離走」にかかわる運動生理学的なデータを検討しながら「ペース」と「距離」と「授業課題」との関連を考えてみたい。

1. 長距離走の生理学的特長

生理学的に見た持久的能力の指標は「最大酸素摂取量」が一般的である。そして体重当たりの最大酸素摂取量を比較的良く推定するのが「12分間走テスト（12分間の最大努力で走りきった距離で換算する）」であり、日本人の平均は成人男子で40～50 ml/kg・min（2250～2700m）、女子で35～40 ml/kg・min（2000～2250m）と推定されている（表1）。

山西¹⁾は、ランニングのペースと酸素摂取水準と主観的運動強度（RPE）の三者の関係を検討し、3000m前後のランニングでは最大酸素摂取量のほぼ100%のレベルで走っており、心理的にも「非常にきつい」と感じている。これに対して、42・195Kmのフルマラソンのペースでは最大酸素摂取量の65～75%のレベルで走っており、心理的には「ややきつい～きつい」と感じ、いわゆる「ジョギング」のペースでは50%前後の水準で「楽であ

る～ややきつい」と感じていると報告している。また「運動処方」という観点からの心拍数とRPEの対応関係についての報告もある（表1）²⁾。

このことは、長距離走を1500～3000mに限定しようという考えと矛盾する

データである。つまり、最初から「非常にきつい」という距離では、健康ジョギングとは決して結びつかないばかりか「競技としてのロードレースやマラソン」とも異質のものとなり、かつそれらと結びつくべき授業内容が欠落してしまうこととなる。

表1 運動処方のための運動強度のとらえ方

表 2-2 運動処方のための運動強度のとらえ方

自覚的運動強度 (RPE) 強度の感じ方、その他の感覚を参考に RPE点数をきめる		$\dot{V}O_2\max$ からみた 強度	脈拍数からみた強度 % $\dot{V}O_2\max$ に相当すると 思われる脈拍数					
強度の感じ方	その他の感覚	RPE 点数	% $\dot{V}O_2\max$	1 分間当たりの脈拍数				
				60歳代	50歳代	40歳代	30歳代	20歳代
最高にきつい	からだ全体が苦しい	20	100%	155	165	175	185	190
非常にきつい	無理、100%と差がないと感じる、若干言葉が出る、息がつかまる	19						
きつい	続かない、やめたい、のどがかかわく、がんばるのみ	18	90%	145	155	165	170	175
ややきつい	どこまで続くか不安、緊張、汗びっしょり	17						
やや楽である	おいつまでも続く、充実感、汗が出る	16	80%	135	145	150	160	165
楽である	汗が出るか出ないか、フォームが気になる、ものたりない	15						
非常に楽である	楽しく気持ちよいがまるでものたりない	14	70%	125	135	140	145	150
最高に楽である	じっとしているより動いたほうが楽	13						
		12	60%	120	125	130	135	135
		11						
		10	50%	110	110	115	120	125
		9						
		8	40%	100	100	105	110	110
		7						
		6	30%	90	90	95	95	95
		5						

(体育科学センター資料およびRPEより 1987, 伊藤改变)

○年齢40歳代で、60% $\dot{V}O_2\max$ 強度の運動処方の場合、自覚的運動強度は「やや楽である」であり、RPE点数だと11点、脈拍数だと130拍がめやすとなる

2. 「マラソンなんてヤダー！」

「つぎからマラソン！」という「エッ、マラソンなんてヤダー！」と多くの子どもは反応する。

武藤³⁾が指摘するように「器械運動」「水泳」「持久走」は、すでに小学校段階より嫌いな種目ベスト3に入ってきているのである。

しかし、宮下⁴⁾は子どもの発達段階を検討し、10才までの神経系機能の急激な発達、12才以降の全身持久性の発達に続く

15才以降の「第二次性徴」に対応した筋機能の発達というシエーマを示し、小学校段階での「動きづくり」、中学校段階での「スタミナづくり」、高校段階以降での「筋力づくり」という課題を提唱している。故に、中学校の授業における「長距離走」は、生理学的には発達段階に最適な「臨界期」をもっているのもであって、本来「嫌い」になることなどない学習内容のはずである。では何故か・・・？

この、不快感のメカニズムについてコロ

ブコフら⁵⁾は、運動時の血糖値のデータから、12～14才以下の子どもでは「遊び」の要素のある種目（遊技やボールゲーム）でのみ運動のエネルギー源としての血糖が動員されるのに対し、他の運動種目では血糖値の上昇は見られないとしている。

この運動量に見合わない血糖値の低水準は、ただちに防衛反応としての「不快感」を生ずる。また、成人のランニングであってもスタート後のハイペースは急速にエネルギー源としての血糖を消費して血中乳酸濃度を上昇させ、運動の遂行を困難なものとする。このデータは、走る意義や目標の十分な理解（動機づけ）と適切なペース配分の重要性を意味しているのではないだろうか。

3. セカンドウィンドの「神話」

長距離走の課題として「克服感」や「達成感」を強調する背景に「死点（デッドポイント）」と「セカンドウィンド」という概念が存在する。つまり、「今は苦しくとも我慢すれば楽になる！」という考え方である。しかし、これは本来、比較的良くトレーニングされたランナーの中距離走で出現する概念であって長距離走での「定常状態の維持とそれに続くグリコーゲン枯渇による疲労感」とは異なる現象である。クレストフニコフ⁶⁾は、この「死点」の原因を末梢運動器管での「動-静脈間酸素較差の増大（酸素のみの急激な消費によるアンバランス）」としており、その状態でややペースをダウンすることにより「セカンドウィンド」状態が出現することを指摘し、1500mでは2～3分経過後に出現するとしている。実は、このことが前述の中学校での長距離を1500～3000mに限定し、「克服感」「達成感」といった課題を

クローズアップしようという根拠と考えられる。しかし、身体の生理学的反応の異なる「中距離走」と「長距離走」とは、教材としては厳に区分すべきではないだろうか？

4. 中高年ランナーの「ジョギング狂い」

生涯スポーツの代表格としての健康ランニング（ジョギング）の主役は、中高年ランナーである。この「ランニング中毒（大会出場要求も高い）」ともいえる現象は、中学生・高校生の「マラソン嫌い」と好対照をなしている面白い現象である。

これの要因は、第一に、肥満、糖尿病、心疾患（冠状動脈疾患）、脳血管障害といった「成人病」の増加による健康への危機感の存在である。しかし私は、これはあくまでも「きっかけ」であって、主要にはランニングの文化的価値の「自己実現による充実感」にのめり込んでいくのではないかと考えている。

「ランナーズハイ」と呼ばれる現象も存在する。久保田⁷⁾は、このメカニズムについて、ゆっくりとしたランニングによってβ-エンドルフィンというモルヒネ様物質（鎮痛作用をもつ）の脳内分泌が増加し、中毒に似た症状を呈するのではないかとしている。また、スローペースでスタートするランニングは、脂肪からのエネルギー供給系を活性化し、その後のエネルギー不足による不快感や低血糖症を防ぐことは良く知られている。

いずれにしても、「習慣的ランナー」が「ゆっくりとしたペースでのランニング」において比較的高い頻度で出現する現象であることに間違いはなく「スポーツとして

のランニング」を考えると見逃すことのできない現象である。

運動強度については、体育科学センター

は、運動実施に心拍数を活用することを提唱し、健康のための基準として以下の簡易式を示している。

$$\text{目標心拍数} = (220 - \text{年齢}) \times 70 \sim 85\%$$

表2 代表的なトレーニング手段（宮下充正「トレーニングの科学的基礎」より引用）

表10-1 走、泳、自転車などの長距離種目のトレーニング法の分類（ウェルスとペイト，1988）

	ディスタンス・トレーニング	エアロビック・インターバル・トレーニング	ペース・トレーニング	アナロビック・インターバル・トレーニング
運動強度	最大酸素摂取量の65~70% (レース・スピードより遅い：酸素摂取量が定常状態にある)	最大酸素摂取量の70~80% (レース・スピードよりやや遅い：乳酸性閾値より低い)	最大酸素摂取量の80~95% (レース・スピードよりやや速い：乳酸性閾値よりやや高い)	最大酸素摂取量の95~120% (乳酸性閾値より明らかに高い)
血中乳酸濃度		4mM以下	8~15mM	15~20mM
運動時間	1時間以上	5~15分間	3~10分間	30秒~4分間
反復回数		5~20回		5~20回
運動頻度	週1回	週3~4回	週1~2回	週1回以下
主観的運動強度	10、11、12 (かなり楽)	13、14、15 (ややきつい)	15、16、17 (きつい、かなりきつい)	18、19、20 (かなりきつい、非常にきつい)

220という数字は、理論的な最高心拍数で、ランニング経験のない初心者や高齢者では、安全のために200を用いる。故に、15歳の中学生では130~174のかなり広い範囲に分布してしまう。最近、福岡大学の田中ら⁸⁾は、「ニコニコペースのランニング」として最大酸素摂取量の50%（20才代で125拍/分）程度のトレーニングでも十分に持久力の向上が見られることを指摘している。

実は、この「ニコニコペース」はトップランナーの「LSD（ゆっくり長く走る）」という重要なトレーニング手段の一つでもある。時速5~8 km というペースで2~3時間走り続け、運動のエネルギー源を消費しきる「グリコーゲン枯渇」を生じさせ、その後の超過回復をねらうもので、

現在のマラソントのレーニングの重要な手段である⁹⁾（古くはショーター選手、浅井えり子選手や谷川真理選手も・・・私も・・・実施）。

表2に代表的な長距離走のトレーニング手段を、最大酸素摂取量と運動時間、反復回数、運動頻度、主観的運動強度別に示してある¹⁰⁾。

ただ、「教材としての長距離走」に1時間以上を必要とする「トレーニング手段としてのLSD」が馴染むのか？という問題も存在する。

5. 「ペースランニング」を考える

さて、様々な工夫で子ども達にジョギングを継続させてくると、ある程度身体的にも精神的にも適応し「ランニング嫌悪症・

恐怖症」が克服されてくる（具体的には酸素摂取水準50%、心拍数130拍/分のジョギングが20～30分可能となった段階と考えてよい）。そして、心拍数を活用することで自己のペースの理解と調節が可能となってくると、ようやく「体育の授

業」らしい「ペースランニング」が授業課題として実施できるようになる。

長距離走における「ペース」のタイプには、前半型、後半型、イーブン型、機能的イーブン型の4つが代表的である（図1）。

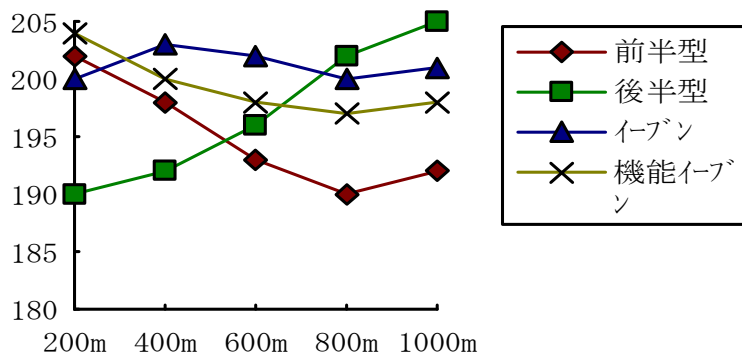


図1 4つのペース配分

「前半型」は比較的スピードのあるタイプのランナーが多く、「イーブンペース」は「理論的」なタイプが多い。最もタイムがしやすいのは「そこそこのスピードでグリコーゲンを消費しつつ」ペースの落ちてゆく「機能的イーブンペース（主観的にはイーブンペース）」であるといわれている。「後半型」は自重しすぎであるが、だんだんペースアップするのでグリコーゲンを温存でき疲労困憊や不快感に陥りにくいといわれている。

実際には、最大酸素摂取量の60～70%といった「マラソン」ペース（主観的には「ややきつい」から「きつい」まで）での10Km走あたりが課題となるものと思われる。ただ、10Km走では授業時間内では終了しない子どももいるので、授業ではそのペースでの3～5Km程度のグループ練習（まさに「ペースランニング」）とし、10Km走はクラスのトライアルや

イベントとして別時間に取り組むこととなる。

厳密には、12分間走のデータと心拍数（表1、表2）とから目標とするペースとタイムを設定することが望ましいが、「12分間でできるだけ長く走る」ということは日常的にペース設定によるトレーニングを行なっている長距離ランナー以外には困難な課題といえる。とりあえずは、心拍数とペースとの関係から試行錯誤しながら10Kmの目標タイムを設定することとなる。

ペースランニングを学習課題とするもう一つの意義は、学習集団の成立とその中で個性の認識、尊重、確立をめざす授業展開が可能にある点にある。

例えば5000m走で1000m毎にラップを取れば5区間の所要時間が得られる。そのラップ曲線は、即その生徒の「個性（個別性）」をあらわしおり、その「個

性」を記録し検討してくれるのが「仲間」としての学習集団である。教師の「お前は遅いからだめだ！」とか本人の「俺は遅いからいいんだ！」といった「どんぶり勘定」的な評価に対して、心拍数やペース配分、練習計画とその実施状況等からその評価を否定し、より良い実践を求めて学習活動を展開する（時には教師を排除してでも！）ことが重要である。そのためには、トータルでの子ども集団が成立していることが不可決の前提であろう。

私は、長距離走での学習内容の幾つかについて以下の項目を考えている¹¹⁾。

①成人病の予防のための知識、ランニングの科学（ランニング時の身体の生理学的変化と3つのエネルギー供給系、運動と食品や水分摂取などの知識）、②長距離・マラソンに関する歴史、技術、戦術等の理論、

③目標心拍数の範囲内でみずから設定したペースで最低20分以上走り続けられる身体的能力、④運動の意義の理解と練習計画の立案と実行、記録、仲間づくり・クラブづくりをも含めたその遂行能力（自治能力）等々である。

おわりに

私も、3000m程度の距離で「ビシッと充実感のあるペースランニング」が「体育の授業らしい」と頭では理解するけれども「卒業してからも続けるのはジョギングだよなー・・・！」というのが市民ランナーとしての実感でもある。

その意味で、実は・・・正直なところ・・・皆さんの実践報告を待っているというのが本音である。

【参考文献】

- 1) 山西哲郎、ランニングのメカニズムと最新のトレーニング理論（別冊宝島：スポーツ科学・読本）、J I C C、1991年、pp. 163-177
- 2) 糖尿病治療研究会編、糖尿病運動療法の手引き、医歯薬出版、1983年、p23
- 3) 武藤芳照、子どものスポーツ、東大出版会、1989年、pp. 45-52
- 4) 宮下充正、子どもの体力とスポーツ（宮下・小林・武藤編：子どものスポーツ医学）、南江堂、1987年、pp. 1-13
- 5) A. V. コロブコフ、岡本・常塚訳、0歳から100歳までの身体づくり、ベースボールマガジン社、1968年、pp. 206-211
- 6) A. N. クレストフニコフ：ソビエトスポーツ科学研究会訳、スポーツの生理学、不昧堂、1978年、pp. 215-218
- 7) 久保田競、ランニングと脳、朝倉書店、1981年、pp. 98-118
- 8) 田中宏暁、ニコニコランニングBOOK、ランナーズ第19巻10号別冊、1994年、pp. 41-43
- 9) 佐々木功、ゆっくり走れば速くなる、ランナーズ、1986年、pp. 14-68
- 10) 宮下充正、トレーニングの科学的基礎、ブックハウスHD、1993年、p104
- 11) 山崎健、長距離走、青木・吉本編：陸上競技、日本教育図書センター、1992年、pp. 101-110