

山での登高能力を指標とした登山者向けの体力テストの開発

山本正嘉 (鹿屋体育大学)

宮崎喜美乃 (㈱ミウラ・ドルフィンズ)

萩原正大 (国立スポーツ科学センター)

1. はじめに

ハイキングをする人から本格的な登山をする人まで、目指す山のレベルに応じた基礎体力が必要なことはいうまでもない。しかし、それを適確に評価できるテスト方法が確立されているとはいえない。

日本では、登山事故が年々増加している。その原因として、体力不相応の山に出かける人が多いことがあげられる。特に中高年者では、加齢による体力低下が原因となり、自分が自覚する体力と目指す山に必要な体力レベルとの間に齟齬が起りやすい。

実際に著者ら¹⁾は、本研修所が主催する中高年安全登山指導者講習会でのアンケート調査から、健脚向けコース、つまりある程度ハードなコースで登山をする場合には、体力不足に起因する身体トラブルの発生率が急増することを示している。いかえると、ベテランと呼ばれる登山者でも、自己の体力を過大評価している人が多いといえる。

登山者自身で実施できる、簡易で的確な体力テストを考案し、普及させることができれば、このような事故の抑止に貢献できる。また体力は、一般登山者の事故防止のためだけではなく、高度な登山を行う人にとっても重要である。

登山者に必要な体力といっても、筋力、持久力をはじめ、さまざまな要素がある。本稿では、このうちの「全身持久力」に着目して考えていくこととする（以下、単に体力という言葉も使うが、この能力のことを意味する）。

従来、一般人やスポーツ選手の全身持久力を簡易に測定するために、平地での持久走テストが用いられてきた。しかし登山の場合には、坂道を歩いて体重を上下方向に移動させるため、平地での持久走が速い人が山で強いとは限らない。また登山は、下界で行われるスポーツと比べて、運動時間が著しく長いという特徴もある。

以上のことを考えると、登山者の全身持久力を評価するためには、実際の山において一定時間以上の登高をし、その際の能力を評価することが妥当かつ実際的と考えられる。本稿では、このような着想に基づいて開発した、登山者向けの体力テストの概要を紹介する。

2. 登山の運動強度に言及した文献

まず、登山の運動強度について言及した過去の知見を整理してみる。このことから、登山者にはどの程度の全身持久力が必要なかが、逆に把握できると考えられる。

運動強度を表す指標として、メッツという単位がよく用いられる。これは、ある身体活動をしたときに、安静時の何倍のエネルギーを使うかを意味する。本稿でも以下、この単位を用いて考えていくこととする。

Ainsworthら¹⁾は、数百種類の身体活動について、メッツ値の一覧表を作成している。登山の関連では climbing hills という項目があり、荷物が4kg以下の

時は7メッツ、4.5~9kgでは7.5メッツ、9.5~19kgでは8メッツ、19kg以上では9メッツと表示されている。またhikingは6メッツ、backpackingは7メッツ、rock or mountain climbingやsnow shoeingが8メッツ、orienteeringが9メッツ、rock climbing（登攀中）では11メッツとなっている。

日本の登山ガイドブックには、コースごとに「標準タイム」が表示されている。このうち、日帰りコースの登高率を求めてみると、1時間で300~400m上るような設定が多い。日帰り登山の所持品（ザックの他に衣類や靴なども含める）の重量を体重の10%程度と考え、後述の表4と照合すると、運動強度は5.5~6.5メッツくらいとなる。

ヨーロッパやアメリカのガイドブックでも、ハイキングコースの標準タイムは日本とほぼ同様で、1時間で300mくらいの登高率に設定されている。Burtscher³⁾は、この登高率は5.1~6.3メッツの運動強度になるとしている。

ただしガイドブックの標準タイムは、初心者が無理なく歩けるペースとして設定されることが多い。ある程度の体力を持った経験者であれば、もう少し早いペースで歩くのが普通である。その場合、メッツ値はもう少し大きくなる。

ガイドブックの標準タイムとは、そのコースを歩くために要求される最低水準の体力を意味すると考えることも可能である。したがって、日帰り登山コースを歩く場合でも、最低6メッツ前後の体力が要求されると言いかえられるだろう。

3. 登山者が身につけるべき登高能力に言及した文献

次に、登山者に必要な登高能力について、もっと明確に言及した文献を紹介する。

ヨーロッパアルプスの登山に造詣の深い近藤等氏は、そこでの登山を目指す人は、日本の一般登山道

では、1時間で400mは登高できる体力が必要と述べている⁸⁾。これはほぼ7メッツの運動強度に相当する。

マッターホルンの麓には、図1のような「マッターホルントレーニング」という看板が設置されている。ツェルマットの街からスネガという展望台まで、608mの標高差を45分で上れば「優」、55分で上れば「良」、60分では「可」と読める指のマークが記されている。これは1時間あたりでそれぞれ810m、663m、608mの登高能力となる。後述の表4と照合すると、それぞれ12メッツ強、10メッツ、9メッツ強の運動強度となる。

Route	Group	Planned Route / Distance	Time
Zermatt 1680 m. a. M. 1611			
Hahnenz 1380 m. a. M.	500 m	220 m	25 Min. / 20 Min. / 15 Min.
Sunneggg 2540 m. a. M. Zuffenholz / Fank	1210 m	120 m	45 Min. / 35 Min. / 25 Min.

図1. 「マッターホルントレーニング」の看板（西村志津氏撮影）マッターホルンを目指す登山者を想定して設置された体力テストコース。事前に自分で体力チェックができるだけでなく、長期的にはトレーニングの目標にもなる。

山本¹⁷⁾は、ヒマラヤの8000m峰に登頂した日本人登山者117名に対して、「高所登山をする上で必要な基礎体力を、日本の低山で標高差1000mのコースを軽装で登る場合の登高能力に置きかえると、どの程度になるか？」というアンケート調査をした。その回答の平均値はちょうど2時間であった。これは1時間あたりで500mの登高速度である。軽装ということとを体重の10%程度の荷物と考えた場合、約8メッツの運動強度となる。

関西山岳ガイド協会では毎年、六甲山のロックガーデンコース（累積の登りがほぼ1000m、標準タイム

1. 登山技術に関する調査研究

は3時間)で、「六甲タイムトライアル」を開催している。これは自分の身体に無理のない範囲でできるだけ速く上り、そのタイムから自分の体力を把握するもので、おおよそ以下のように体力を判定できるという^{9,10)}。

2時間以内で上れば、モンブランやキリマンジャロのような海外の高山での登山が可能である(Sランク)。2時間半以内で上れば、夏のバリエーションルートや雪山の一般ルートを問題なく登れる基礎体力がある(Aランク)。3時間以内であれば、無雪期の日本アルプス等の一般ルートを問題なく登れる(Bランク)。3時間半以内であれば、低山ハイキングならば問題ない(Cランク)。3時間半以上かかる人は、低山ハイキングをする上での体力にも問題がある(Dランク)。

宮崎¹⁰⁾は、このイベントに参加した登山者(平均年齢69歳)のタイム測定を行い、後述の式(図2の②式)を使って、Aランク群では平均で7.7メッツ、Bランク群では6.7メッツ、Cランク群では5.8メッツ、Dランク群では5.5メッツの強度で運動していたと報告している(Sランクの能力については約8メッツ以上と計算できる)。なお各群とも、歩行中の心拍数は最高心拍数に対して86~90%、RPEは12~14であり、負担度は同程度であった。

最近出版されたS.Houseらの『Training for the New Alpinism』⁷⁾には、実際の山で、体重の20%のザックを背負い、1000フィート(305m)をできるだけ速く上るテストが紹介されている。20分未満で登高できれば「非常によい」、20~40分であれば「よい」、40分以上かかれば「体力不足」と評価している。これはそれぞれ、1時間あたりで915m以上、458~914m、458m未満の登高能力に相当する。メッツで表すと、14メッツ以上、7.7~14メッツ、7.7メッツ未満となる。

4. 登山者に必要な体力水準の規定

以上の先行知見を整理し、著者らの見解としては、登山者に求められる体力水準を、次のように3区分し、メッツの単位で表すこととした。

①ハイキングのように、軽装でゆっくり歩く日帰り登山(荷物はおおよそ体重の10%前後)でも、6メッツ前後の体力が必要である。

②無雪期の整備された登山道を、日帰りあるいは小屋泊まりで歩く、ごく普通の登山(荷物はおおよそ体重の10%前後~10kg程度まで)では、7メッツ前後の体力が必要となる。

③無雪期のテント泊山行のように荷物が重い場合(荷物は体重の20%前後~20kg程度まで)や、岩山、雪山、沢登り、藪山などバリエーションルートの登山では、最低でも8メッツ前後の体力が必要である。このような登山では、部分的に激しい運動をする場面も出てくるが、その際には9メッツ以上の運動強度となる可能性もある。

本稿では以下、①をハイキング、②を登山、③をバリエーション登山と定義する。表1はこれを整理したものである。平地で行う歩行・走行と対応づけると、ハイキングは歩行とジョギングを交互に行うことに、登山はジョギングに、バリエーション登山はランニングに相当する。なお、トレイルランニングについてはこれに類似したオリエンテーリングと同様、9メッツ程度と考えられる。

たとえば、1日に6時間の登山をすれば、ジョギングを6時間するのと同様な負担がかかることになる。しかし、登山がこのように予想以上にきつい運動であることを知らず、体力不足の状態で山に出かけている登山者は多いと予想される。特に、中高年者ではこのようなケースが多く、登山事故が多発する要因となっているものと考えられる。

ただし、次のような考え方もできる。表1のメツ

ツ値は、標準タイムで歩いた場合の強度であり、登高スピードを落とせばその値を下げることも可能である。たとえば、標準タイム通りに歩けば7メッツの登山コースでも、その1.5倍の時間をかけて歩けば、運動強度は4.7メッツとなる。これならば早歩きの強度であり（表1）、体力の低い人でも対応できることになる。

表1. メッツで表した登山の運動強度(Ainsworthら, 2000の資料等から作成) 無害期のごく一般的な「登山」は7メッツで、ジョギングと同等の負担度となる。バリエーション登山は、登山全体を平均してみれば8メッツ程度となるが、部分的に激しい運動をしなければならぬ場面では9メッツ以上にもなりうる。

運動強度	登山の種別	平地での歩や走との対応(分速)
4メッツ		早歩き(95m)
5メッツ		早歩き(105m)
6メッツ	ハイキング	ジョギングと歩行を交互に行う(115m)
7メッツ	登山	ジョギング(120m)
8メッツ	バリエーション登山	ランニング(130m)
9メッツ	トレイルランニング	ランニング(145m)
10メッツ		ランニング(160m)

このような登り方をしている人は、特に中高年に多い。しかし天候の悪化など、いざという場合の危険回避能力という点から考えると、標準タイム通りに歩けない人が、スケールの大きな山に出かけることは、潜在的なリスクが高いと言わざるを得ない。

さらに次のような点も考慮する必要がある。運動処方への権威とされるアメリカスポーツ医学会^{2,6)}では、運動中の心臓突然死という観点から、早歩きの強度までは安全性が高いとしている。一方で、ジョギングの強度になると、心臓に問題があり(潜在的なものも含む)、かつ普段の運動をあまりしていない者では、リスクが高まるとしている。近年、日本の山では心疾患による事故が増えている。これは7メッツの運動を遂行する体力を持たない人が、7メッツの体力が必要な山に出かけていることにも関係があるだろう。

以上の諸点を考えると、日本の山で、ハイキングの範疇を超えるような登山を安全に行うためには、少なくとも7メッツの体力が必要である、といってもよいだろう。

5. 登山の運動量や強度を定量的に扱える式の作成

登山道の様相は、山によって異なる。また同じコースの中でも、その様相は刻々と変化する。このような不規則性は、登山の魅力の根源をなすものだが、一方で、登山能力と体力との関係を捉える上では妨げとなる。山での登高能力から体力評価を行うためには、コースの違いによらず、運動の量や強度を定量的に表せる式が必要となる。

運動生理学の知見や方法論を用いると、このような問題をエネルギーの概念で統一的に扱うことが可能である。そこで著者らは、歩きやすい登山道を歩くという前提で、このような式の作成を試みてきた。

中原ら¹⁵⁾は実際の山で、速度やザック重量を様々に変えて登下降をし、その時の運動量(エネルギー消費量)を精密に測定する実験を行った。その結果、図2aの①式のように、あるコースを歩いた時に消費する総エネルギー量は、上、下、水平方向への移動量、所要時間、そして登山者の体重とザック重量(衣類など身につけたものも含む)との方程式で表される事を示した。

なお、この式の右辺の右側にある括弧内の情報(山側の情報)は、当該のコースを標準タイムで歩く場合には、その登山コース固有の運動量を表す定数と見なせる。そこでこれを「コース定数」と名付けることとした。また、左側の括弧内に示した情報(その人の体重+ザック重量)は登山者側の情報ということになる。

両者を掛け合わせると、そのコースを歩いたときの総エネルギー消費量をkcal単位で求めることがで

1. 登山技術に関する調査研究

きる。また、この値をkcalからmlに読み替えると、そのコースを歩いたときの脱水量もわかる²⁰⁾。ガイドブックにこの定数を表示しておけば、持って行くべき食料や水の量の参考にもなる。

山本¹⁹⁾はまた、このコース定数は、多くのガイドブックに記載されている「体力度」と相関することを示している。つまり体力度という経験的な尺度は、そのコースを歩くために必要な総エネルギー量を反映したものと言いかえられる。なお、この場合の体力の意味合いとは、運動の強度ではなく、それを時間で積分した運動のトータル量を意味している。

長野県の山岳総合センターと山岳遭難防止対策協会は、2014年に「信州・山のグレーディング」を公表した¹⁴⁾。これは、さまざまな登山コースを、体力度と難易度という2要素と関連づけてグレード表示したものである。このうち体力度の評価には、①式のコース定数を用いている。

なお、①式で求めた総エネルギー消費量を行動時間と体重とで割ると、図2aの②式のように、そのコースを歩いたときの平均的な運動強度をメッツの単位で表すこともできる。①式は登山をした時の運動の「量」を、②式は運動の「強度」を表す式と位置づけられる。

萩原⁵⁾はトレッドミルを用いて、傾斜、速度、ザック重量を40通りに変え、登山の登下降をシミュレーションした歩行を行い、その運動強度を測定した。その結果、単位時間あたりのエネルギー消費率で表すと図2bの③式のように、またメッツで表示すると④式のようになることを示した。これらの式は、登山中の運動強度は体重とザック重量を、垂直方向にどれくらいの速度で移動させているか（仕事率）に比例して決まることを表している。

なお③、④式は、トレッドミル上で30分以内の歩行をしたときのデータから作成されたものだが、実

際の山で同じ登高率で歩いている時の値とも合致することや、そのペースで8時間歩き続けた時の値とも一致することが確認できた⁴⁾。また、②式は実際の登山歩行で、④式はトレッドミル歩行で得られた値から作成されているが、両者の一致度は高いことも確認できた（ただし④式の方は登山の全体ではなく、上りあるいは下りのある局面に限定して適用する必要がある）。

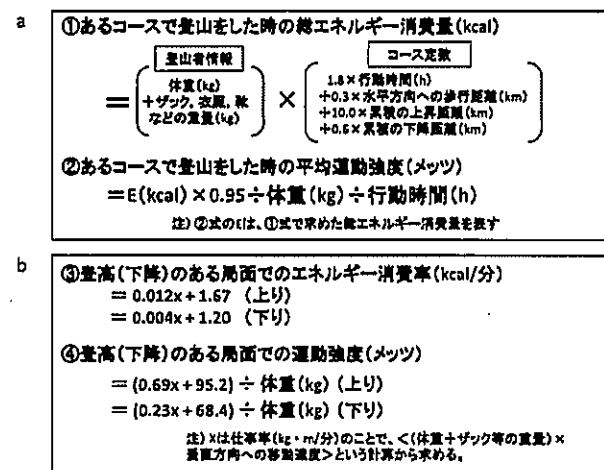


図2. 登山時における運動量と運動強度の推定式
①式では、ある登山コースを歩いたときに消費する総エネルギー量が、②式ではその際の平均的な運動強度がわかる（中原ら、2006をもとに作成）。③式では、登山中の上りまたは下りのある局面で、単位時間あたりでどれくらいのエネルギーを消費するか、④式ではそれがどれくらいのメッツに相当するのかがわかる（萩原ら、2011をもとに作成）。

6. テストの原理

ここまでの話をまとめてみる。ハイキングをする人では6メッツ、登山をする人では7メッツ、バリエーション登山をする人では8メッツの運動ができる体力が必要で、登山の特性上、それぞれの強度で「ある程度の余裕を持って何時間も登高できること」が求められる。メッツ値は、図2の②または④の式を用いると、コースの違いによらず登高速度をもとに算出できる。以上を踏まえ、山での登高能力から体力を評価するテストを考案した。

山道を登るとき、全力で上れば非常にきついと感じ、数分で疲労してしまう。一方、登高スピードを

落としていくと、きつさは低下し、運動を続けられる時間は長くなる。やがてはきつさを感じず、何時間でもそのペースで上れる所が見つかる。

このポイントのことを、運動生理学では乳酸閾値 (LT) と呼んでいる。この閾値を超えると、筋には乳酸が蓄積して疲労する。一方、それ以下であれば乳酸が蓄積せず、疲労は起こらない。登山者は、バテずに長時間歩き続けられる速度を「マイペース」と呼ぶが、LTとはその上限を示す指標といえる。

表2. 主観的運動強度(RPE) (小野寺と宮下, 1976)
使い慣れると、山道を登高した時の乳酸閾値(LT)を自己判定する指標となる。

20	
19	非常にきつい
18	
17	かなりきつい
16	
15	きつい
14	
13	ややきつい
12	
11	楽
10	
9	かなり楽
8	
7	非常に楽
6	

表2は、運動をしているときの「きつさ」を尺度化したもので、主観的運動強度 (RPE) と呼ばれる¹⁰⁾。主観的な指標ではあるが、使い慣れると、運動時の生理的な負担度がある程度把握できる。このため、一般人の運動処方やスポーツ選手のトレーニングの際に、運動強度を簡易に把握できる指標としてよく利用されている。特に、体力差が拡大する中高年では、RPEがより重要な指標となる²⁾。

図3は、実際の山で、5段階のRPEで登高した時に、血中の乳酸値がどのような対応を示すかを測定した結果である¹¹⁾。乳酸値が2ミリモルのラインを横切る所がLTの目安とされるが、ほとんどの人のLT

はRPEが12もしくは13の付近に位置していた。ただしRPEが13の所ではばらつきが大きく、乳酸値がかなり高い値となってしまう人もいる。

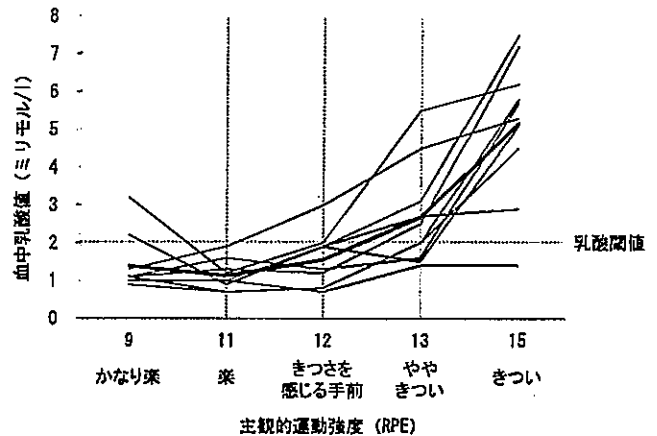


図3. 5段階のRPEで山道を登高した時の血中乳酸値 (宮崎と山本, 2013)
対象者は10名の大学生男女(登山の初心者)。細い線は個人の値、太い線は平均値を示す。13(ややきつい)の感覚で歩くと、乳酸閾値(LT)を超えてしまう人も多いが、12(きつさを感じる手前)の感覚で歩けば、ほとんどの人はLTを超えずに歩くことができる。

そこで「RPE=12のペース (きつさを感じる手前のペース) で登高したときに、1時間あたりでどれくらい登高できるかによって、その人のLTの能力、つまり登山をする上での基礎体力 (全身持久力) のレベルを判定する」ことを本テストの原理とした。そして、LTの能力が6メッツであればハイキングレベル、7メッツであれば登山レベル、8メッツであればバリエーション登山レベルの山行が可能な体力を持っていると判定するのである。

7. テストの実際

表3には、登高能力テストの具体的な方法を示した。マイペースの上限速度を計るものなので、普段の山行の中でも実施できるという利点がある。

テストの最大の留意点は、「RPEの利用に慣れた上で、12のレベルを保って登高すること」である。意図的に速く上ろうとすれば、乳酸が蓄積した状態で、きつさを感じながらも、ある程度の時間内であれば上れてしまう。しかしそれではテストの意味が喪わ

1. 登山技術に関する調査研究

れてしまう。登高区間が1時間以内のコースではマイペースを超えた登高もできてしまうので、2～3時間は上り続けられるコースが望ましい。

3. で紹介した「六甲タイムトライアル」の測定結果でも、A～D群のRPEを平均値として見た場合には12～14程度だった。しかし、個人的に見ると17～18の者もいた¹⁰⁾。また乳酸値を測ってみると、6ミリモル台の者もあり(宮崎ら、資料)、人によっては無理な歩き方をしていることも窺えた。したがって、表3の「注意点」をよく理解した上で実施する必要がある。

表3. 登高能力テストの方法

自分の体力を知ることが目的であり、人との競争ではないことをよく理解した上で行う必要がある。

テストの場所	無雷期の整備された登山道で行う。ある程度の傾斜があり、下りや平らな区間の少ないコースを選ぶ。少なくとも1時間、できれば2～3時間くらい上り続けられるコースとする。路面は乾いて歩きやすいことが望ましい。
テストの方法	ザックや身につけるものの重量は計量しておく。最初に10分程度のウォーミングアップ歩行をした後、テストを始める。テストでは、RPEが12(きつさを感じる手前)のペースで登高する。そして、1時間で垂直方向にどれだけ登高できたかを調べる。もしくは標高がわかっている、1時間前後で歩けるような2地点を決め、そこをRPEが12のペースで歩いて、どの程度の時間で歩けたかを計る。後者の場合は、あとで1時間あたりの登高能力に換算する。
評価の方法	表4を用いて、何メッツの強度で歩けたかを照合し、自分の目的とする登山のメッツ値に相当する能力があるかを確認する。
注意点	全力ではなく、マイペース歩行で行うことに注意する。きつさを感じながら歩けば、より速い速度で歩いてしまうが、それではテストの意味がなくなってしまふ。「きつさを感じる一歩手前」という表現の他、そのペースで何時間も歩ける「鼻だけで息ができる」「会話が楽にできる」「他のことを考えながら歩ける」ような速さを意識して歩く。

表4は、図2の④式から作成したテストの評価表である。たとえば、体重の10%の重さのザックを背負ってテストをした場合、1時間で430m上れば7メッツの体力があり、標準的な登山ができる体力を持っていると評価できる。同じ条件で、510mの登高ができれば8メッツの体力があり、バリエーション登山ができる体力があることになる。

一方、1時間の登高能力が350mだった人は、6メッツの体力レベルということになる。この場合、ハイキングをする体力は持っているが、登山をする体力

には不足していると判定される。したがって、本格的な登山コースに出かけるためには、低山などを十分に歩き、さらに体力を強化する必要があるとアドバイスできる。

表4. 登高能力テストの評価表

表の左側には、各メッツに対応する登山等の種別を示した。ザック重量には、衣類や靴など、身につけているものの重量も含める。登山道の様相や体重などの影響により、多少の誤差は入ってくるので、対応するメッツ値はおおよその目安と考える。

メッツ	山での登高速度 (m/時)				
	ザックなし	体重の10% のザック	体重の20% のザック	体重の30% のザック	
4	210	190	175	160	
5	300	270	250	230	
ハイキング					
登山	6	385	350	320	295
7	475	430	395	365	
バリエーション登山	8	560	510	470	430
トレイルランニング	9	650	590	540	500
10	735	670	615	565	
一流の登山家/ トレイルランナー	11	825	750	685	635
12	910	830	760	700	
13	1000	910	830	770	
一流の市民ランナー	14	1085	985	905	835
15	1175	1065	980	905	
16	1260	1145	1050	970	
17	1350	1225	1125	1035	
18	1435	1305	1195	1105	

なお、一流の登山家や一流のトレイルランナーのLTは、著者らが過去に実測した結果では11～12メッツ程度であった。これは、体重の10%の重さのザックを背負った場合、1時間で800m前後のペースで何時間も上り続けられる能力ということになる。ハードなバリエーション登山をする人は、8メッツのレベルに甘んじることなく、もう少し高いレベルの能力を身につける必要があるだろう。

8. 補足

表4は、平坦地や下りの箇所を含まず、比較的急な傾斜が数時間続くコースでのテスト結果を当てはめることを想定している。そしてそのようなコースであれば、山が違っても当てはまる。しかし現実には、このような理想的なコースは少ない。通常は、多少なりとも平坦地や下り、また緩傾斜の上りなど

が出てくることも多い。したがってある程度の誤差は生じると考える必要がある。

また、図2の④式から表4の値を算出する際、同じスピードで登高した場合でも、体重が軽い人ほどメッツ値はやや高くなるという性質がある。しかし、これを表示すると煩雑になるので、表4では体重60kgの人の場合を代表値と考えて示してある。前述の、コースの様相によって生じる誤差も含めて、表4はおおよその目安と考える必要がある。

またこのテストは、低山（1500m以下）で行うことを前提としている。高度が上がると低酸素の影響により、動脈血酸素飽和度（体内の酸素量）は低下する。その結果、LTが低下し、同じRPEで歩いた時の登高速度も低下する¹²⁾。特に「高所」と呼ばれる2500m以上の領域になると、動脈血酸素飽和度の低下は顕著になる¹³⁾。したがって、2000m台の山でテストを行う際には、表4の値に気圧の低減に関する係数を乗じるなど、補正をする必要がある。

9. 今後の課題

前節で述べたように、現実的には、山やコースの特性によって、表4だけでは十分に捉えきれない部分も出てくる。そこで将来的には、全国各地の主要な山に、それぞれのコースの特性にも配慮した上で、体力テストを行えるコースが設定されることが望ましい。

「六甲タイムトライアル」は、そのモデルケースとあってよい^{9,10)}。そこで採用されているロックガーデンコースにも、一部で下りや平坦な区間、また緩傾斜の上り区間も出てくるので、表4を単純に当てはめようとするとう誤差が大きくなる（このようなコースでは、体力があっても思うように高度を上げることができないため、表4で評価すると厳しめに評価されることになる）。

このようなコースでテストを行う際には、図2の④式ではなく②式を使う方が、運動強度を求める上での適合性がよい。そこで、②式から求めた値と、その山をホームグラウンドとしているベテラン登山者の意見とを総合して、その登山コースに、「このコースをX時間以内で上ればハイキングが、Y時間以内で上れば登山が、Z時間以内で上ればバリエーション登山ができる基礎体力がある」といった情報をまとめ、図1のような形で表示する。

このようなコースが各地の低山にできれば、登山者が自分自身で体力テストをすることが可能となる。さらには、そのコースで体力トレーニングを積み、どのレベルの登山ができる体力が身についたのかを自分で随時確認することもできる。その結果として、体力不相応の山に出かけて起こす事故に、歯止めをかけることにも貢献できるだろう。

<引用文献>

1. Ainsworth, BE, Haskell WL, Whitt MC et al.: Compendium of physical activities; an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exer* 32: S498-S516, 2000.
2. アメリカスポーツ医学会：運動処方指針；運動負荷試験と運動プログラム（8版）。日本体力医学会体力科学編集委員会監訳，南江堂，東京，2011，pp. 157-213.
3. Burtcher M: Endurance performance of the elderly mountaineer: requirements, limitations, testing, and training. *Wien. Klin. Wochenschr.* 116: 703-714. 2004
4. 萩原正大，中原玲緒奈，山本正嘉：登山における疲労を防止する3つのガイドラインの有効性に関する検討。 *登山医学*, 26: 107-113, 2006.

1. 登山技術に関する調査研究

5. 萩原正大, 山本正嘉: 歩行路の傾斜, 歩行速度, および担荷重量との関連からみた登山時の生理的負担度の体系的な評価; トレッドミルでのシミュレーション歩行による検討. 体力科学, 60: 327-341, 2011.
6. Haskell WL, Lee I-M, Pate R et al.: Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Med Sci Sports Exer 39: 1423-1434, 2007.
7. House S and Johnston S: Training for the New Alpinism; A Manual for the Climber as Athlete. Patagonia Books, 2014, pp.177-179.
8. 近藤等: ヨーロッパ・アルプス (2版). 実業之日本社, 東京, 1988, pp. 170-176.
9. 三輪文一: 山での登高能力による中高年登山者の体力評価; 「六甲タイムトライアル」の試み. 登山研修, 28: 40-42, 2013.
10. 宮崎喜美乃, 山本正嘉: 山での登高タイムを指標とした登山者の体力評価法に関する研究; 「六甲タイムトライアル」を対象とした検討. 登山医学, 32: 93-102, 2012.
11. 宮崎喜美乃, 山本正嘉: 乳酸性閾値以下のレベルで登高するための主観的運動強度はどれくらいか; 登山の初心者を対象とした検討. 登山医学, 33: 108-113, 2013.
12. 宮崎喜美乃, 山本正嘉: 高度0~3,500m相当の常圧低酸素環境下における登山をシミュレーションした上り坂歩行時の生理・心理応答. スポーツトレーニング研究, 15: 25-31, 2014.
13. 森寿仁, 山本正嘉: 日本で経験しうる高所および準高所での安静時, 運動時, 睡眠時の生理応答; 常圧低酸素環境下でのシミュレーションを用いた検討. 登山医学, 34: 99-106, 2014.
14. 長野県山岳総合センター : http://www.sangakusogocenter.com/topics/docs/matrix_A4.pdf
15. 中原玲緒奈, 萩原正大, 山本正嘉: 登山のエネルギー消費量推定式の作成; 歩行時間, 歩行距離, 体重, ザック重量との関係から. 登山医学, 26: 115-121, 2006.
16. 小野寺孝一, 宮下充正: 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性; Rating of perceived exertionの観点から. 体育学研究, 21: 191-203, 1976.
17. 山本正嘉: 日本人8000m登頂者へのアンケート調査; 体力, 高所順化, 高所技術に関して, 8000m峰登頂者は語る, 日本山岳会, 2002, pp. 1-135.
18. 山本正嘉, 西谷善子: 中高年登山者向けの体力評価システム構築の試み (第2報); 164名の体力測定およびアンケート調査からわかったこと. 登山研修, 25: 16-20, 2010.
19. 山本正嘉: 運動生理学, トムラウシ山遭難はなぜ起きたのか; 低体温症と事故の教訓. 山と溪谷社, 東京, 2010, pp. 213-262.
20. 山本正嘉: 登山時のエネルギー・水分補給に関する「現実的」な指針の作成. 登山医学, 32: 36-44, 2012.