

## 1. まえがき

私は、地域の山好きが集まって、数年前に結成した中高年登山同好会に所属し、月に2～3度日帰り山行を中心に、山歩きを楽しんでいる中高年登山者の一人である。好天に誘われて、親しい友人とブラリと歩く近郊の山歩きならば、ポケットにコンパスと地図を1枚入れて、ガイドブックのコースタイムを気にもせず、気の向くままに歩くことをよしとしている。しかしながら、それなりのレベルの山、あるいは、10～20名規模でパーティーを組む山行の場合には、入念に練った山行計画のもとで、実行に移している。これは、安全で楽しい登山の基本であると考えからである。

山行計画の立案において、コースタイムの設定は言うまでもなく重要な位置を占める。日没までに余裕をもって下山できるか？ 下山口へのタクシー予約時間は？ 1日1本しかない路線バスに間に合うように下山できるか？ 山小屋に午後3時までに到着するには何時までに出発すればよいか？ 等々の場面を想像すれば、コースタイムをできるだけ精度よく予測することの重要性は説明するまでもない。

多くの山行記録を蓄積している伝統と実績のある組織であれば、ガイドブックに過度に頼ることなく、自分達のレベルに合った正確なコースタイムを容易に設定することが可能であろう。しかしながら、実績が少ない新興弱小集団や組織に属さない登山者は、市販のガイドブックを頼りに計画を立案することにならざるを得ない。しかしながら、市販のガイドブックや登山地図の情報には限界があり、頼りすぎて痛い目に遭う場合も少なくない。これらの問題点については、2年ほど前に「山と渓谷」に掲載された特別企画『山のコースタイムを考える』という特集記事に詳しく述べられているので<sup>(1)</sup>、詳細は割愛する。この特集記事の結論は、結局のところ、「自分達の歩行ペースをよく知った上で、ガイドブックなどの情報を上手に利用する。」ということに尽きるのではないかと思う。

我々は、クラブの山行記録から自分達の歩行ペースを詳しく解析し、いくつかの相互関係と規則性を見いだした。また、これらの結果を用いて、自分達の歩行ペースにジャストフィットしたコースタイム予測方法を独自に開発し、山行計画立案時や山行中の歩行時間予測に適用して、安全登山に多大な成果を上げている。ここに紹介させていただく解析手法並びに予測法は、普遍性があるものであり、同種の悩みを持つ多くの同好の士に参考にしていただけるものと確信している。

## 2. 歩行ペース

歩行ペースの解析に先立ち、我々クラブのプロフィールとレベルを簡単に紹介する。メンバー数は約40名で、年齢層は45～68歳、男性1に対し女性2の割合である。メンバーの山歴の内訳は、中高年になってからの再開組と中高年になって山を始めた

ビギナー組がほぼ半々であり、特に優れた登山経験をもつ指導者はいない。クラブ主催山行は、年間24～25回程度で、宿泊山行7～10回/年のうち、夏季に3～4泊の山小屋泊の南北アルプス縦走を1、2度実施している。雪山は北八ヶ岳レベル止まりで、沢や岩登りはクラブ主催山行ではやらない。また、重いザックは体力的に苦手なので、天幕縦走もほとんど行わない。ザックの重量は、女性の場合、日帰りが5～8kg、3～4泊山小屋泊まりでも8～12kg程度、男性の場合は、日帰りで6～10kg、同じく宿泊山行で、10～16kg程度が典型例である。また、クラブ主催山行では、10～25人程度でパーティーを組む場合が多い。

我々の歩行スタイルは、ベテラン登山家とその教科書で推奨する登山技術<sup>(2),(3)</sup>をできるだけ忠実に実践している。具体的には、登りでは心拍数が120以下、すなわち、おしゃべりしながら楽に歩けるペースを保持しながらゆったりと歩くことを心がけている。また、中高年登山者が苦手とし、転倒などの事故が発生しやすい下りでは、脚への負担をできるだけ軽減し、標高差1000m以上の長い下りでも、余力を残して、安全に下山できるよう、とくに意識して小股でゆっくりとした歩行を心がけている。また、気温やメンバーの体調等で若干異なるが、通常40～50分歩行毎に5～10分程度の小休止タイムを設けている。昼食時の大休止や要所での中休止タイムを含め、一日の歩行時間が6時間以内の山行の場合は、おおよそ2～2.5時間の休憩時間を、また、歩行時間が6～9時間のロングコースの場合は、2.5～3時間の休憩時間を加えた時間を一日の行動時間としている。

表1に代表的な登山コースに対する我々パーティーの歩行時間実績値と、ガイドブック記載のコースタイムを比較して示す。なお、本論文でいう歩行時間とは、休憩時間を一切含まないネット値である。また、ガイドブックには、とくに断らない限り、山と渓谷社発行の山域別アルペンガイドブックを参照した。

我々の歩行ペースは、表1から分かるように、登りでは、ガイドブック記載コースタイムより、10～20%速い場合が多い。それに対し、下りでは、ガイドブック記載のコースタイム内で、歩行できるケースは少なく、大抵10%程度オーバーする場合が多い。また、我々のホームグラウンドである丹沢山塊の場合、登りでも、ガイドブック記載のコースタイム以内で歩行するのは、困難な場合が多い。

## 3. これまでに知られているコースタイム予測法

登山技術の教科書等に記載されているコースタイム予測法は、以下の3つの方法に大別されよう。

- ① ガイドブック記載コースタイムの1.5倍以上の行動時間を見込む<sup>(4),(5)</sup>。
- ② 1時間あたりの獲得標高差を、登り300m(あるいは400m)、下り400m(あるいは500m)として歩行時間を予

| 登り<br>/<br>下り | コース         | 標高差  | 水平距離 | ガイドブック        | 歩行タイム    | 歩行時間比 | 備考       |
|---------------|-------------|------|------|---------------|----------|-------|----------|
|               |             | (m)  | (km) | スタイム: A<br>*1 | 実績: B *2 | B/A   |          |
| 登り            | 猿倉→白馬岳頂上    | 1700 | 6.5  | 5:50          | 5:30     | 0.94  | 大雪溪コース   |
|               | 高瀬ダム→烏帽子小屋  | 1250 | 4.0  | 6:10          | 4:30     | 0.73  | フナ疔尾根コース |
|               | 折立→薬師岳頂上    | 1570 | 9.8  | 8:10          | 6:50     | 0.84  | 太郎平小屋経由  |
|               | 北沢峠→甲斐駒ヶ岳頂上 | 990  | 4.6  | 4:20          | 3:50     | 0.88  | 仙水峠経由    |
|               | 榎島→千枚岳頂上    | 1560 | 10.0 | 7:40          | 6:20     | 0.83  | 千枚小屋経由   |
| 下り            | 槍岳山荘→槍沢ロッヂ  | 1240 | 5.0  | 2:40          | 2:25     | 0.91  | 槍沢コース    |
|               | 笠ヶ岳→新穂高温泉   | 1720 | 9.0  | 4:50          | 5:20     | 1.10  | 笠新道コース   |
|               | 北岳頂上→広河原    | 1660 | 5.0  | 3:10          | 4:20     | 1.37  | 大樺沢左俣コース |
|               | 赤石岳頂上→榎島    | 2000 | 8.0  | 5:05          | 5:40     | 1.11  | 赤石小屋経由   |
|               | 空木岳頂上→菅ノ台   | 2000 | 10.0 | 4:15          | 4:35     | 1.08  | 池山尾根コース  |

\*1: 該当山域アルペンガイドブック(山と溪谷社発行)記載コースタイム。\*2: 休憩時間を含まないネット値

表2 ガイドブックによってコースタイムが大幅に異なる例(西丹沢畦が丸)

| ガイドブック                 | 出版社   | 往路(登り)             | 復路(下り)             | コースタイム合計 |
|------------------------|-------|--------------------|--------------------|----------|
|                        |       | 西丹沢自然教室→畦が丸        | 畦が丸→大滝沢→大滝橋        |          |
| アルペンガイドブック8「丹沢」        | 山と溪谷社 | 3:45               | 2:50               | 6:35     |
| 分県登山ガイド13「神奈川県の山」      | 山と溪谷社 | 3:45               | 2:45               | 6:30     |
| アルペンガイド別冊「東京周辺の山」      | 山と溪谷社 | 2:35               | 2:10               | 4:40     |
| エリアマップ21「丹沢」           | 昭文社   | 2:50               | 2:35               | 5:25     |
| 山岳総合ソフト「山パート1(関東甲信越編)」 | 白山書房  | 2:45               | 2:55               | 5:40     |
| 歩行タイム実績値               |       | 3:00               | 2:40               | 5:40     |
|                        |       | 標高差 740m/ 歩行距離 4km | 標高差 840m/ 歩行距離 4km |          |

測する。この方法を、ここでは「獲得標高差法」と呼ぶことにする。

- ③ 2点間の登り・下り別の標高差と水平距離を算出し、標高差:登り300mにつき1時間、下り500mにつき1時間、水平距離は4kmにつき1時間の割合でそれぞれ比例計算し、両者の合計時間をコースタイムとする<sup>(6),(7)</sup>。この予測法を、ここでは「標高差・水平距離加算法」と呼ぶことにする。

方法①は余裕をもってコースタイムを設定すべしという、精神論としてはよいが、コースタイムを予測する実際的方法としてはアバウト過ぎる。また、ガイドブックや市販登山地図に記載されているコースタイム自体、昔から良く歩かれているメジャーなコースでは、資料による差異はほとんど見られず、経験上、その信頼性はかなり高いといえる。しかしながら、マイナーなコースに対しては、表2に示した実例のように、必ずしもそうとは言えない場合も多い。表2の例は、5種類の市販資料に掲載されている西丹沢畦が丸の代表的登山コースに対するコースタイムを示したものである。5～6時間の行程にもかかわらず、資料間で約2時間の差異が見られる。従って、自分達の歩行時間を、参考資料のコースタイムの〇〇倍と単純に予測するのは、リスクが大きすぎる。

方法②は、簡便でわかりやすい予測法であるが、傾斜が緩くても、厳しくても、あるいは一般コースでも岩稜コースでも成り立つのか? その適用限界と精度については、今ひとつつまび

らかにされていない。そこで、本稿では、この方法についても検討し、その妥当性と適用限界について明らかにする。

方法③は、ベテラン登山家の間で、従来から広く用いられてきた予測法であるらしく、文献(1)に、野村仁氏の詳しい解説記事が記載されている<sup>(6)</sup>。また、最近発行された堀川虎男氏編著の著書<sup>(7)</sup>にも紹介されている。この方法は、これまで紹介されている3つの方法の中で、もっとも精密な予測法であると考えられる。そこで、この予測法でシミュレーションした結果と我々の予測法で得た結果とを比較し、その妥当性を検証した。その結果については後述する。

#### 4. 歩行ペースの特性解析

登りであっても、下りであっても、傾斜がきつくなるに従って、歩行ペースは遅くなる。また、3点確保も必要な岩場のコースを一般登山道と同じ歩行ペースで歩くことは、困難であるということも、経験上知っている。そこで、山行記録のコースタイム実績値から、一般コースと岩稜コース別に、歩行ペースの傾斜度依存性を定量的に評価することを試みた。ここでは、歩行時間の実績値および、1/25000 地図上からできるだけ正確に読みとった標高差と登山ルート上の水平距離を評価の基本パラメータとした。その上で、コース上の2点間の平均傾斜度を、標高差÷水平距離と定義した。ここで言う水平距離とは、一般に曲がりくねっている登山ルート上の距離であることから、平均傾斜度は、標高差を直線距離で除きたいわゆる  $\tan \theta$  より幾分小さな値に

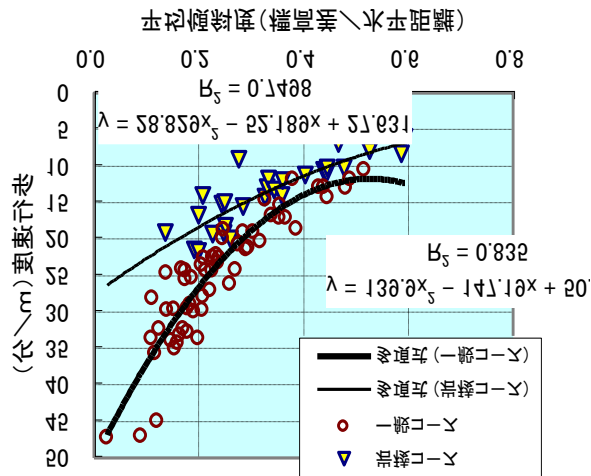


図1 一般コースの歩行速度と獲得標高差に関する評価データの代表例

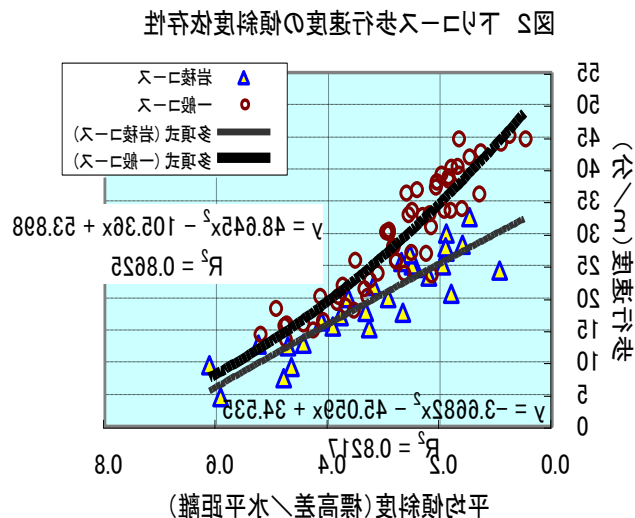


図2 岩稜コースの歩行速度と獲得標高差に関する評価データの代表例

表3 種々の傾斜度の登りコースに対する歩行速度と獲得標高差に関する評価データの代表例

| コースの区別 | コース区間          | 標高差  | 水平距離 | 歩行タイム  | 平均    | 歩行速度 | 獲得標高差 |
|--------|----------------|------|------|--------|-------|------|-------|
|        |                | (m)  | (km) | 実績値(分) | 傾斜度   |      |       |
| 一般     | 日光竜頭/滝一湯滝      | 130  | 5.3  | 113    | 0.025 | 46.9 | 69    |
|        | 毛木平一甲武信岳       | 1011 | 7.2  | 245    | 0.140 | 29.4 | 248   |
|        | 三輪神社一御正体山      | 1050 | 4.6  | 205    | 0.228 | 22.1 | 307   |
|        | 御坂トンネル入口一黒岳    | 773  | 2.8  | 137    | 0.276 | 20.4 | 339   |
|        | ゴウ沢出会一丹沢検洞丸    | 851  | 2.5  | 152    | 0.340 | 16.4 | 336   |
|        | 白毛門尾根取付一松ノ木沢ノ頭 | 769  | 1.6  | 127    | 0.481 | 11.4 | 336   |
|        | 濁沢登山口一烏帽子小屋    | 1240 | 2.4  | 235    | 0.517 | 10.2 | 317   |
| 岩稜     | 黒部五郎小舎一三俣蓮華岳   | 496  | 2.6  | 126    | 0.191 | 21.5 | 236   |
|        | 黒百合ヒュッテ一東天狗岳   | 250  | 1.3  | 75     | 0.200 | 16.7 | 200   |
|        | 裏妙義国民宿舎一丁須岩    | 627  | 2.2  | 141    | 0.285 | 15.6 | 267   |
|        | 白馬尻一白馬岳頂上宿舎    | 1150 | 3.2  | 219    | 0.359 | 14.0 | 301   |
|        | 涸沢一北穂高岳        | 800  | 1.8  | 163    | 0.444 | 11.0 | 294   |
|        | 八峰キレット一鹿島槍岳北峰  | 324  | 0.7  | 101    | 0.467 | 6.9  | 192   |
|        | 北沢源頭一赤石岳稜線     | 440  | 0.75 | 90     | 0.587 | 8.3  | 293   |

表4 種々の傾斜度の下りコースに対する歩行速度と獲得標高差に関する評価データの代表例

| コースの区別 | コース区間           | 標高差  | 水平距離 | 歩行タイム  | 平均    | 歩行速度 | 獲得標高差 |
|--------|-----------------|------|------|--------|-------|------|-------|
|        |                 | (m)  | (km) | 実績値(分) | 傾斜度   |      |       |
| 一般     | 槍沢ロッヂ一横尾山荘      | 200  | 4.0  | 90     | 0.050 | 44.4 | 133   |
|        | 奥秩父笠取山一作場平口     | 653  | 5.0  | 118    | 0.131 | 42.4 | 332   |
|        | 前白根山一奥日光湯元温泉    | 880  | 4.0  | 130    | 0.222 | 32.8 | 406   |
|        | 種池山荘一扇沢登山口      | 1120 | 3.9  | 136    | 0.287 | 27.7 | 494   |
|        | 丹沢蛭ヶ岳一熊木沢出会     | 893  | 2.4  | 130    | 0.372 | 18.5 | 412   |
|        | 農鳥岳大門沢下降点一大門沢小屋 | 1120 | 2.5  | 159    | 0.448 | 15.7 | 423   |
|        | 双児山一北沢峠         | 629  | 1.2  | 85     | 0.524 | 14.1 | 444   |
| 岩稜     | 三俣蓮華岳一双六小屋      | 291  | 3.1  | 128    | 0.094 | 24.4 | 136   |
|        | 槍沢氷河公園分岐一槍沢ロッヂ  | 528  | 2.8  | 103    | 0.189 | 27.2 | 308   |
|        | 聖岳一聖平小屋         | 752  | 2.8  | 110    | 0.269 | 25.5 | 410   |
|        | 妙高山南峰一地獄谷分岐     | 864  | 2.2  | 142    | 0.393 | 15.5 | 365   |
|        | 谷川岳オキの耳一巖剛断道分岐  | 473  | 1.0  | 82     | 0.473 | 12.5 | 346   |
|        | 北岳八本歯のコレ一犬樺沢二俣  | 631  | 1.2  | 97     | 0.526 | 12.7 | 390   |
|        | 前穂高岳一岳沢ヒュッテ     | 920  | 1.50 | 158    | 0.613 | 9.5  | 349   |

図3 登りコース獲得標高差の傾斜度依存性

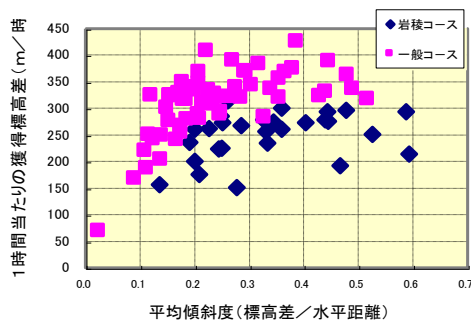
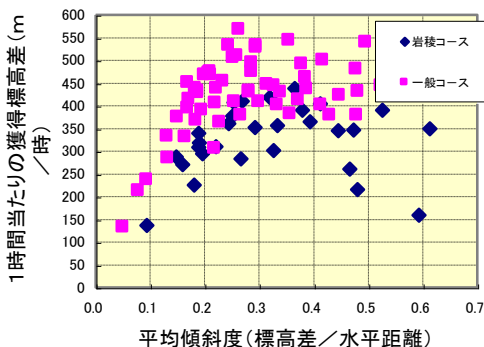


図4 下りコース獲得標高差の傾斜度依存性



なるが、実際の傾斜角度  $\theta$  にほぼ対応するものと考えることができよう。また、水平距離を歩行時間の実績値で除した値を歩行速度と定義した。したがって、ここで言う歩行速度とは、地図上の水平方向を移動する速度であり、登山道を実際に歩いている時の実速度を意味するものではない。歩行タイムのシミュレーションでは、実速度ではなく、地図上の移動速度の方が意味を持つ。

また、登山コースは、岩稜コースとその他の一般コースの2種類に区分して評価した。表3に本解析に使用した実績データの登りコース代表例を一般コース・岩稜コース別に示す。また、同様に下りコース代表例を表4に示す。無雪期の山行記録の中から、できるだけならかなコースから傾斜度のきついコースまでの幅広い実績データを選んだ。岩稜コースには北・中・南アルプスの主稜線の他、八ヶ岳、谷川岳西黒尾根、妙高山、裏妙義等の岩場の多いコースを選んだ。主稜線へのアプローチコースでも、岩場の多い、笠が岳新道、前穂高岳重太郎新道、北岳大樺沢左俣コース、白馬大雪渓コース等は岩稜コースに、また、樹林帯の比較的歩きやすい燕岳合戦尾根コース、烏帽子岳ブナタテ尾根コース、爺が岳柏原新道、榎島一千枚岳コース等は一般コースに分類した。解析に用いたデータで最も傾斜のきつい登山コースは前穂高岳一岳沢ヒュッテ間の重太郎新道で、その平均傾斜度は、表4に示すように、0.613で、これを傾斜角度に換算すると、約32度に相当する。

これらの実績データを平均傾斜度と歩行速度の関係を表す散布図として、登りおよび下り別にプロットしたものを図1および図2に示す。また、これら実績値の散布データにフィットする歩行

速度  $y$  と平均傾斜度  $x$  の関係式を、多項式近似法で求めた。さらにまた、これら近似式と実績データの一致の程度を表す相関係数の2乗  $R^2$  の値<sup>(8)</sup>も合わせて示した。

その結果、登りコースと下りコース、並びに一般コースと岩稜コースのいずれの場合にも、それぞれ異なった特性を示しているが、歩行速度は傾斜度に依存して変化していることが分かる。

一般の登りコースの場合、傾斜度が0から0.2(傾斜角度に換算すると約11度)に増しただけで、歩行速度はほぼ半減しており、傾斜度依存性が大きい。しかし、傾斜度が0.4以上の急斜面になると、傾斜度依存性が鈍くなる傾向を示す。一般の下りコースの場合は、歩行速度の傾斜度依存性は登りほど顕著ではないが、傾斜度が増すに従って、歩行速度は、緩やかに、かつ直線的に低下している。

それに対し、岩稜コースでは、登り、下りのいずれの場合も、一般コースより、歩行速度が遅い上、傾斜度依存性が小さい。また、傾斜度と歩行速度の関係は、図中に示した2次曲線によって、かなり良く近似できている。なお、これらの曲線を表す数式は、それぞれ図中に示されている。プロットデータと、この近似式の相関関係をより厳しく表す  $R^2$  値は、一般登りコースが0.835、一般下りコースが0.863と、この種の実測データとの近似式としては、非常に高い相関係数が得られている。したがって、平均傾斜度と一般コースの歩行速度の間には、極めて良好な相互関係が成り立ち、上述した近似式によって、両者の関係を正確に表現できている。換言すれば、一般コースの歩行速度は、登り・下りとも、コースの傾斜度によって決定される。

一方、岩稜コースでは一般コースに比べ、 $R^2$  がやや小さい上に、傾斜度依存性も小さい。これは、岩稜コースの歩行速度が、傾斜度以外の要因、すなわち岩場の難易度などによって影響されていることを示唆するものである。

さらにまた、一般コースの歩行速度を表す2次曲線の  $x=0$  の値を外挿すると( $y$  軸の切片)、登り、下りのいずれの場合も、分速50mより少し大きい値が得られる。これは、傾斜のない平地での歩行速度が時速約3kmであることを意味している。

つぎに、平均傾斜度と1時間あたりの登りコースおよび下りコースの獲得標高差の関係を図3および図4に示す。登り、下りのいずれの場合も、1時間あたりの獲得標高差は平均傾斜度が0.2以下の緩斜面では傾斜度に比例して直線的に増大するが、それ以上急な傾斜度では、明確な傾斜度依存性は認められない。前述した歩行速度との関係に比べ、その散布データは大きくばらついているが、かなり大胆に近似直線を引けば、傾斜度0.2以上のコースに対する我々中高年パーティの1時間あたりの獲得標高差は、図中に示すように、一般登りコースで約350m/時、岩稜登りコースで約250m/時、一般下りコースで約450m/時、岩稜下りコースで約350m/時とおおよそ見込まれる。したがって、コースタイム予測法の一つとして知られている②「獲得標高差法」は、傾斜角度が約11度以上の勾配に対して概ね成り立つが、その予測値は、歩行速度に比べかなり正確さにかける。

表5 北アルプス合戦尾根登山コース(中房温泉-燕山荘)に対する歩行タイム予測データと実績データの比較

| 区間         | 標高差  | 水平距離 | 平均    | 標高・距離 | 歩行タイム予測値(単位:分) |        | 実績データ(単位:分) |        |
|------------|------|------|-------|-------|----------------|--------|-------------|--------|
|            | (m)  | (km) | 傾斜度   | 加算法*1 | 歩行速度法          | 獲得標高差法 | (10月中旬)     | (8月中旬) |
| 中房温泉→第1ベンチ | 200  | 1.0  | 0.200 | 55.0  | 37.5           | 34.3   | 34          | 36     |
| →第2ベンチ     | 160  | 0.7  | 0.229 | 42.5  | 29.0           | 27.4   | 27          | 29     |
| →第3ベンチ     | 180  | 0.8  | 0.225 | 48.0  | 32.7           | 30.9   | 32          | 33     |
| →富士見ベンチ    | 200  | 0.6  | 0.333 | 49.0  | 35.3           | 34.3   | 33          | 38     |
| →合戦小屋      | 163  | 0.7  | 0.233 | 43.1  | 26.7           | 27.9   | 31          | 40     |
| →合戦/頭      | 126  | 0.4  | 0.315 | 31.2  | 22.2           | 21.6   | 20          | 20     |
| →燕山荘       | 215  | 1.1  | 0.195 | 59.5  | 40.9           | 36.9   | 45          | 47     |
| 合計         | 1244 | 5.3  | 0.235 | 328.3 | 224.3          | 213.3  | 222         | 243    |

\*1 登り歩行時間:標高差(m)/300×60+距離(km)×15分、下り歩行時間:標高差(m)/500+距離(km)×15分、文献(6)参照。

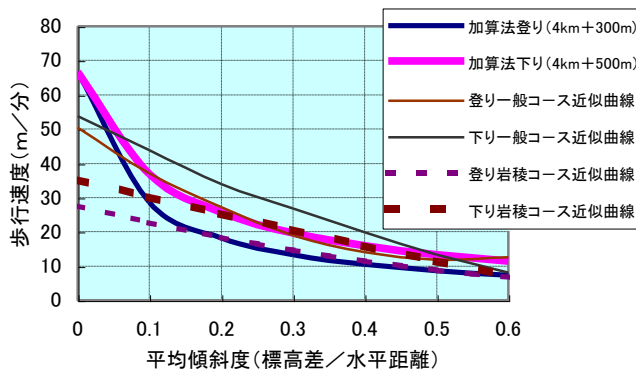
(注)中房温泉→燕山荘ガイドブックコースタイム(アルペンガイド15「上高地・槍・穂高」(山と溪谷社)記載):240分(4時間)。

表6 南アルプス鳳凰三山縦走コースの歩行タイム予測値と実績値

| 区間           | 標高差(m)        | 水平距離(km)      | 平均傾斜度           | 歩行タイム予測値 |       | 歩行タイム | ガイドブック<br>コースタイム | 区間の特徴  |
|--------------|---------------|---------------|-----------------|----------|-------|-------|------------------|--------|
|              | (↑登り/↓下り)     | (↑登り/↓下り)     | (↑登り/↓下り)       | 歩行速度法    | 標高差法  | 実績値   |                  |        |
| 夜叉神峠入口→南御室小屋 | 1144 ↑/144 ↓  | 6.0 ↑/1.25 ↓  | 0.197 ↑/0.115 ↓ | 4:14     | 3:35  | 4:28  | 5:30             | 森林帯の登り |
| 南御室小屋→薬師岳小屋  | 410 ↑/46 ↓    | 1.3 ↑/0.2 ↓   | 0.315 ↑/0.230 ↓ | 1:18     | 1:16  | 1:28  | 1:20             | 森林帯の急登 |
| 薬師岳小屋→赤抜沢/頭  | 280 ↑/240 ↓   | 1.25 ↑/1.2 ↓  | 0.224 ↑/0.200 ↓ | 2:00     | 1:32  | 2:00  | 2:00             | 岩稜の縦走路 |
| 赤抜沢/頭→鳳凰小屋   | 0 ↑/385 ↓     | 0 ↑/1.0 ↓     | - /0.385 ↓      | 0:49     | 0:51  | 0:52  | 0:40             | ザレ場の急坂 |
| 鳳凰小屋→青木鉱泉    | 50 ↑/1282 ↓   | 0.3 ↑/5.2 ↓   | 0.167 ↑/0.247 ↓ | 2:59     | 3:09  | 3:40  | 3:30             | 沢筋の悪路  |
| 合計           | 1884 ↑/1881 ↓ | 8.85 ↑/8.85 ↓ | 0.212 ↑/0.213 ↓ | 11:20    | 10:23 | 12:28 | 13:00            |        |

(注)斜体のみ岩稜コース、他は一般コースで予測。

図5. 標高差・水平距離加算法と歩行速度近似法による歩行速度予測値の傾斜度依存性比較



しかし、計算が簡単なので、歩行タイムのおおよその目安を得る簡便法として価値が高いと考える。

### 5. 歩行タイム予測法とその評価

図1～図4の解析結果から、いくつかの歩行タイム予測法が考えられる。すなわち、

- (1) 歩行速度法: 図1および図2に示した2次曲線近似式を用いて歩行速度を計算し、その値をもとに歩行タイムを算出する。
- (2) 獲得標高差法: 1時間当たりの獲得標高差の関係から歩行タイムを予測する。

また、計算をより簡単にする方法として、以下に示す両者の

折衷方式も考えられる。

- (3) 傾斜度が約0.2以上の斜面に対しては獲得標高差法から計算、それ以下の緩斜面での歩行タイムは緩斜面での典型的な歩行速度から概算する。

そこで、上記予測法の評価例として、北アルプス燕岳への代表的な登山コースである中房温泉から合戦尾根經由燕山荘までの登りコースについて、前記(1)および(2)による歩行タイム予測値と実績値を比較した例を表5に示す。本コースは途中のベンチ毎に標高が明記されているので、比較検証に都合がよい。なお、標高差1244m、水平距離5.3kmの本コースのアルペンガイドブックコースタイムは、4時間(240分)である。一方、本コースに対する我々パーティの歩行タイム実績値は、10月中



| コース | 縦走コース           | 標高差(m)<br>(↑登り/↓下り) | 水平距離(km)<br>(↑登り/↓下り) | ガイドブック<br>コースタイム | 予測歩行タイム |       | 歩行タイム<br>実績値 | 平均歩行速度<br>(km/時) | コースの特徴          |
|-----|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------|---------|-------|--------------|------------------|-----------------|
|     |                 |                     |                       |                  | 歩行速度法   | 標高差法  |              |                  |                 |
| 一般  | 丹沢ピツ峠→三ノ塔→塔ノ岳   | ↑1050/↓350          | ↑4.3km/↓1.3km         | 3:55             | 4:00    | 3:47  | 4:07         | 1.4              | 登り調子の歩きやすい多い縦走路 |
|     | 丹沢塔ノ岳→蛭ヶ岳       | ↑600/↓420           | ↑3.4km/↓2.2km         | 2:20             | 3:01    | 2:16  | 3:15         | 1.7              | 穏やかな縦走路         |
|     | 天城万二郎岳→天城峠      | ↑520/↓1050          | ↑3.0km/↓7.5km         | 4:45             | 4:50    | 3:50  | 4:28         | 2.3              | 穏やかな縦走路         |
| 岩稜  | 北穂高岳→穂高岳山荘      | ?                   | 1.3km                 | 2:40             | ?       | ?     | 2:53         | 0.5              | 厳しい岩稜縦走路        |
|     | 木曾駒ヶ岳宝剣山荘→空木岳   | ↑900/↓900           | ↑4.1km/↓4.6km         | 7:20             | 6:58    | 6:10  | 9:58         | 0.9              | 細かいアップダウンの岩稜縦走路 |
|     | 白馬岳→五竜岳→鹿島槍岳    | ↑1450/↓1500         | ↑10.3km/8.0km         | 15:50            | 17:00   | 10:05 | 17:25        | 1.1              | 厳しい岩稜縦走路        |
|     | 千枚岳→荒川岳→赤石岳     | ↑1120/↓880          | ↑5.2km/↓3.2km         | 5:10             | 7:21    | 7:00  | 7:00         | 1.2              | アップダウンの大きい岩稜縦走路 |
|     | 薬師岳小屋→観音岳→赤抜沢/頭 | ↑280/↓240           | ↑1.2km/↓1.2km         | 2:00             | 2:00    | 1:50  | 2:00         | 1.2              | 岩稜縦走路           |
|     | 三伏峠→塩見岳→熊/平小屋   | ↑1130/↓1200         | ↑7km/↓7km             | 8:30             | 10:12   | 8:00  | 9:50         | 1.4              | 比較的穏やかな縦走路      |
|     | 高見石→東天狗岳→夏沢峠    | ↑510/↓310           | ↑2.8km/↓3.0km         | 3:45             | 4:41    | 2:45  | 4:05         | 1.4              | 比較的穏やかな縦走路      |
|     | 太郎平小屋→黒部五郎小屋    | ↑840/↓830           | ↑5.3km/↓6.5km         | 6:50             | 8:08    | 5:45  | 7:07         | 1.7              | 穏やかな縦走路         |
|     | 燕山荘→大天弁岳→ヒツツ西岳  | ↑750/↓770           | ↑4.6km/↓5.6km         | 6:00             | 6:18    | 5:12  | 5:35         | 2.0              | 穏やかな縦走路         |

旬の222分と8月中旬の243分であり、ガイドブックコースタイムと大差ない実績値が残っている。2回の実績値を比較すると、盛夏の場合より、肌寒い10月期の方が約20分短時間で燕山荘に到着している。これは、発汗量の少ない季節の方がやはり歩行ペースが若干上がったためと思われる。

歩行速度法、および獲得標高差法で得られた予測値の合計は、前者が224.3分、後者が213.3分、また、各区分毎の予測値も実績データと大差ない値が得られた。

他方、従来から使用されている③標高差・水平距離加算法を用いて、同様にシミュレーションした場合の予測データも合わせて表5に示した。この予測法では、総歩行タイムが約328分と、実績値を約100分も上回る数値が得られた。そこで、標高差・水平距離加算法の妥当性を調べるため、この方法で計算した歩行速度の傾斜度依存性のデータを我々が得た近似曲線とともに、図5に示す。この結果、標高差・水平距離加算法で得た歩行速度は、歩行速度が急激に変化する傾斜度0.2以下の緩斜面領域を除けば、登り、下りコースとも、岩稜コースに対して我々が得た歩行速度特性と見事なほどに良く一致している。したがって、先人が編み出した標高差・水平距離加算法<sup>(7)</sup>は、0.2以上の傾斜度と言う条件の下で、我々の岩稜コース歩行タイム予測法として使用できるが、一般コースの予測には使用できないことが確認された。

我々の予測法の精度をさらに詳細に評価するため、南アルプス鳳凰三山の代表的縦走コースである夜叉神峠－鳳凰三山－青木鉱泉の1泊2日コースについて、区間を5つに区切って、各区分の予測値と実績値との比較を行った。その結果を表6にまとめて示す。ガイドブックコースタイムと実績値を比較すると、この場合も、実績値は登りが短目で、下りが、やや多目に費やしているが、総歩行時間と比べると、両者はほぼ一致している。

一方、歩行速度法で得た予測値は、実績値より約10%短い値を示した。中身を詳細に吟味してみると、誤差の大半は、鳳凰小屋－青木鉱泉の沢沿いコース区間で発生している。この原因は、1/25000地形図では読みきれない高巻きがある上、沢筋の荒れたコースであったためと考えられる。これは1/25000地形図からアップダウンを読みとって、歩行タイムを予測するすべ

での予測法に共通する原理的境界と言える。

最後に、アップダウンが続く縦走路に対する評価例を表7に示す。縦走路に対しては、登り区間と下り区間に分け、それぞれの区間の累積標高差と累積水平距離を別々に求め、それらの基本データから、歩行タイムを計算している。この結果、一般コース縦走路に対する歩行速度予測法によるシミュレーション値は、実績値と概ね一致するが、岩稜コース縦走路に対しては、厳しい岩場コースではアンダーに、穏やかな縦走路ではオーバー気味の予測値が得られた。図1および図2から予想された通り、岩稜コースに対する予測の難しさを改めて実感した。

また、細かいアップダウンの続く縦走路の登り・下りの標高差を1/25000地形図から正確に読みとることはかなりの手間と根気を要する作業である。そこで、これら縦走路に対する典型的な歩行速度が予測できれば、標高差を読みとる手間が省ける。そこで、表7に示した種々の縦走路に対する平均歩行速度を比較評価した。この結果、丹沢縦走路などの一般コース縦走路の歩行速度は時速1.5～2km/時、岩稜コースの場合、北穂高岳－穂高岳山荘間のような特に厳しいコースで、時速0.5km/時、後立山縦走路のような厳しい岩稜縦走の場合で、時速1.1～1.5km、穏やかなアルプス縦走路コースに対しては、時速おおそ2km/時であることが分かった。

したがって、縦走コースに対しては、登り・下り別の累積標高差を地図上から読みとらなくても、コースに応じて、上述した歩行速度予測値を使うことが可能である。

## 6. 歩行タイム予測法の運用と実績

歩行タイムの予測が必要なシーンは2つある。第1に、計画立案時であり、第2は山行途中における目的地までの所要時間の予測である。第1のシーンに必要なコースタイム予測はできるだけ正確な方がよい。1/25000地形図から読みとったデータを基本にコースタイムを予測する我々の方法は、大部分の登山コースに対して、正確な予測が可能であるが、傾斜度だけで歩行速度が決まらない岩稜コースに対しては、前述したように、正確な予測値を得るのが困難である。

また、ハイシーズンの槍ヶ岳頂上往復、剣岳カニのタテバ

イ・ココバイ、涸沢岳頂上直下の長い鎖場等、渋滞で思わぬ時間を費やす場合もある。また、南アルプス南部の沢沿いコースに多く見かける定員1名の吊り橋通過に、単独行なら2分で済むものが、10人パーティならば20分を要する場合もしばしばある。しかし、このような情報は、地形図からは得られない。そこで、我々は、複数のガイドブックと市販登山地図に記載されている情報とコースタイムを基本にし、1/25000地形図から読みとったコースタイムの予測値を参照して、我々のペースに合ったコースタイムを設定している。

コースタイムの予測方法は、前述したように、2次曲線近似による歩行速度予測法が一番正確であるが、地図上から、標高差と水平距離を正確に読みとり、電卓を用いて計算しなければならないという欠点がある。そのため、当クラブ内でも、歩行速度予測法は正直なところあまり普及しておらず、より簡単な獲得標高差法のほうが愛用されている。しかしながら、国土地理院発行の50mメッシュデータをパソコンに取り込み、モニタ上に映し出した地形図上の登山ルートの主要なポイントをマウスでクリックすれば、目的地までの登り・下りの標高差と水平距離が自動的に算出され、その基本データをもとに、図1および図2で説明した近似式を用いて、たちどころに歩行時間を予測するシミュレータができれば、状況は変わってくる。この種のシミュレータを制作することは、プログラムの知識に明るい方なら、さほど難しくはないはずである。アプリケーションソフト開発が得意で、このようなシミュレータに興味のある方が、読者の中にいらっしゃれば、是非開発をお願いしたい。さらにまた、登山用GPSにこのソフトを組み込めば、目的地への到着予想時刻をリアルタイムで表示することも可能になる。カーナビゲーション並の機能を持った登山用GPSが登場するのもそれほど遠い将来ではないと期待している。

どんなに正確に予測できても、誰もが簡単に使えない方法は普及しない。まして、行動中に地形図を見て、目的地までの所要時間を瞬時に予測するためには、暗算できる簡単な方法でなければならない。Simple is Best! が一番である。

我々メンバに現在最も愛用されている歩行タイム予測法を以下に紹介する。この予測法であれば、暗算で済み、1/25000地形図の読み方をマスターしていない初心者でも、十分使いこな

すことができる。

- (1) 登りの歩行タイムは等高線1縞あたり2分、下りは1縞あたり1.5分として計算。
- (2) ただし、等高線間隔が2.5mm以上開いている区間は、地形図上1cmあたり登り8分、下り7分として計算。
- (3) アップダウンの多い縦走路区間は、地形図1cmあたりの歩行時間を約10分。南北アルプス等の岩稜縦走区間は、1cmあたり約15分。

ほとんどの登山コースはケース(1)で歩行タイムが予測できる。また、ここで、ケース(1)は、1時間あたりの獲得標高差を区切りの良い、登り300m、下り400mとしている。これにより、多少余裕のある歩行時間の予測値が得られる。ケース(2)は、傾斜度が0.2以下の緩斜面区間の換算方法で、分速約32m(時速約2km)一定として概算する。また、ケース(3)は、一般の稜線縦走では、分速25m(時速1.5km)、岩稜縦走では分速約17m(時速1km)一定であるとして算出することを意味している。

## 7. あとがき

「山行記録は宝の山である。」過去の山行記録を詳しく解析することにより、自分達の歩行ペース特性を定量的に明らかにすることができた。また、この解析結果に基づいて編み出した「自分達の歩行タイム予測法」を紹介した。30kgのザックを背負って歩く方やカモシカのような俊足を誇る方々でも、ここに紹介した解析手法を参考にして、ご自分の山行記録を解析すれば、ご自分のペースに合ったオリジナルな歩行タイム近似式がきっと得られるはずである。この小文が山を愛する同好の士への安全登山の一助になれば幸いである。

なお、本論文で議論した山行タイムは、前述したように、すべて無雪期のものである。積雪期のデータについては、さほど沢山持っているわけではないが、積雪があっても40~50cm位の場合が多い丹沢や奥多摩山域では、アイゼンを装着した場合でも、経験上無雪期歩行タイムの1.2倍程度に収まっている。ただし、積雪量やトレースの有無、コース状態で歩行タイムが大きく変わるので、正確な予測は難しい。

最後に、多くの山行データを提供いただいた丹沢トレッキングクラブのメンバに感謝の意を表します。

### 文献および脚注

- (1) 特別企画「山のコースタイムを考える」：山と溪谷(1998年5月号), pp175-183, (No754, 19998).
- (2) 岩崎元郎: NHK趣味百科「中高年のための登山学」、日本放送出版協会, 1995年7月発行.
- (3) 別冊山と溪谷「中高年のためのいきいき健康登山学」、山と溪谷社, 1999年7月発行.
- (4) 文献(2)のp30.
- (5) 堀川虎男編著: 中高年登山トラブル防止小辞典, 大月書店, 1999年5月発行, p76.
- (6) 野村仁: 「ベテランが教えるコースタイム上級者になる」、文献(1), pp182-183.
- (7) 文献(5)のpp74-75.
- (8) 相関係数 R: 2つの確率変数x, yの相互関係の強さを表す係数で、一般には1から-1の間の値をとる。相関係数 R が0の場合は、xとyは互いに独立で相関がない。また、±1に近づくほど、x, yは強い相互関係にある。また、R<sup>2</sup>は相互関係の強さをより強調して評価できるため(範囲: 0~1)、散布データとその近似曲線とのフィッティングの程度を表す指標として一般的に用いられている。