

フォーラム「登山を楽しくする科学(XII)」

2022年10月2日(土) 13時～17時

立正大学品川キャンパス・ロータスホール

主催:公益社団法人 日本山岳会科学委員会

目 次

フォーラム「登山を楽しくする科学XII」開催にあたって	2
科学委員会委員長	平野裕也
講演1 日本百名山伊吹山お花畑の不思議	3
森林インストラクター・樹木医	石井誠治
・はじめに	
・伊吹山の誕生ヒストリー	
・日本での位置づけ	
・固有名が付く植物たち	
・不思議が重なる理由	
講演2 エベレスト登頂撮影はどのようになされたか	7
日本山岳会理事、元NHK報道カメラマン	清水義浩
・はじめに	
・機材準備など	
・ベースキャンプ建設	
・取材活動および荷上げ	
・登頂シーンをハイビジョンカメラで撮影	
・日本大学エベレスト登山隊取材日程	
講演3 歩行ペースとコースタイムから考える安全登山の科学	12
鹿屋体育大学教授、同大学スポーツトレーニング研究センター長	山本正嘉
・上りのきつさは何で決まるか	
・安全な登高速度とは	
・登山者はどれくらいの速さで上っているのか	
・安全・快適な登高ペースを自主学習する試み	
・コースタイムを科学する	
・著者別に見たコースタイムのばらつきについて	
・コースタイムの全国標準化に向けての取り組み	
演者プロフィール	17

フォーラム「登山を楽しくする科学XII」開催にあたって

科学委員会委員長

平野裕也

登山の楽しみ方は人それぞれ、ひたすら高みと困難を求める先鋭的な登山から低山の散策で心身の健康を求める登山など千差万別です。しかし、どのような登山でもその登山をとりまく自然現象や環境、行為に目を向けたとき、あれ？なぜ？と思うことが多々あるのではないかと思います。科学委員会ではこのように登山に関わる様々な不思議や疑問に対して科学の視点から新たな登山の楽しみ方をご提供すべくフォーラム「登山を楽しくする科学」を開催して12回目を迎えました。

今年はずっと初めに森林インストラクター・樹木医の石井誠治先生にご登壇いただき、伊吹山お花畑の不思議についてご講演をいただきます。皆様は世界の積雪深チャンピオンが伊吹山だということをご存知でしょうか。1927年2月14日の記録で1182cm、いまだ破られていません。また伊吹山はその地理的要因や地質的な特異性から植物の多様性に富んだ貴重な山域で、多くの固有種が存在します。様々な魅力にあふれる伊吹山の不思議をお楽しみください。

次は日本山岳会理事で元NHK 報道カメラマンの清水義浩先生にご登壇いただきます。清水先生は現在日本山岳会理事をされていらっしゃる。NHK入社後、報道カメラマンとして槍ヶ岳、飯豊山、甲武信ヶ岳などの番組を取材撮影してこられました。海外ではモンゴル遊牧民やインド、パキスタンなどでの取材経験をお持ちです。今回は1995年に日本大学山岳部創部70周年記念として行われた未踏のエベレスト北東稜遠征に撮影隊として参加された時の記録や経験をお話しいたします。貴重な映像のご紹介もあるかと思しますのでご期待ください

3番目にご登壇いただくのは鹿屋体育大学教授の山本正嘉先生です。先生には「歩行ペースとコースタイムから考える安全登山の科学」についてお話しいただきます。山本先生はシブリン北稜初登攀やアコンカグア南壁、チョーオユーなど世界の山を経験したクライマーであると同時にスポーツ選手の競技力向上や登山者のための研究にご尽力され、三浦雄一郎氏のエベレスト登山トレーニングサポートもされておられます。運動の強さと安全登山、安全快適な登高のペースを維持する方法、登山地図に示されるコースタイムの考え方、さらに皆さまが日頃行っているトレーニングに関する正しい考え方、方法など、必ずやご納得されることが多々あることと思います。

本日のフォーラムが登山を愛する皆様のお役に立ったなら主催者としてうれしく思います。もし、登山に関する質問や疑問、要望等ありましたら kagaku@jac.or.jp までご連絡ください。また日本山岳会のホームページ <https://jac1.or.jp/> の 概要・本部支部情報⇒委員会ページに入り、科学委員会のページでウェブサイトをご覧いただくと過去の活動などご覧いただけます。最後に会場をご提供いただいた立正大学様に感謝申し上げます。

「日本百名山 伊吹山お花畑の不思議」

石井誠治

・はじめに

伊吹山は日本百名山や花の百名山に選ばれています。その理由の一つは山頂に広がる花畑でしょう。標高 1377m の山の頂は平らで草原になっています。森林限界が下っているように見受けられるのです。また固有種が多いことも特筆されることでしょう。

平安時代から日本の文化の中心でした京都にも近く、麓には琵琶湖があります。冬には北西の季節風が入り伊吹山は豪雪地帯となります。いまでも降雪世界記録は伊吹山が持っています。鈴鹿山系と伊吹山の間に関ヶ原は土地が低いため、北方からの寒気は濃尾平野に抜けて名古屋に雪を降らせるのです。強い寒気の吹き出しは伊勢湾を抜けて遥か彼方にある八丈島まで届き、八丈富士に雪を降らせます。多雪の山頂は北東に続く白山や立山から北方系の植物をもたらし、麓周辺は四国九州から続く暖温帯の植物が茂ります。

伊吹山は高尾山に次ぎ多くの植物が生えていることがわかっています。多雪は多くの植物を雪の布団の下で保護する環境を作り、冷たい冬の季節風から守ります。石灰岩でできた山体では土壌がアルカリ化するため、特殊な植物の宝庫になります。麓には砂岩、泥岩など堆積岩の風化土がみられ弱酸性の一般的土壌です。これも生息する植物の多様性を担保している理由でしょう。イブキを冠する植物が多くあることも特色のひとつです。これら多くの特色から、テーマのお花畑の不思議を科学していきましょう。



・伊吹山の誕生ストーリー

伊吹山をつくる地層を詳細に検討してみると、山体は主に石灰岩でできています。この石灰岩はどこで生成されて伊吹山を形作ることとなったのでしょうか。

伊吹山は今から2億6千万年前のペルム紀(2億9900万年から2億5100万年)に、赤道付近で活動していた伊吹海山と呼ばれている海底火山の噴火に始まります。海山は海面近くまで高さを増す過程で山頂部分に、海の生物としてフズリナ(紡錘虫)、ウミユリ、サンゴ、貝類、石灰藻などの殻が堆積していきます。特に古生代末期の浅い海にはフズリナが大量に発生して海底に炭酸カルシウムの殻が厚い層を成して堆積します。ペルム紀末の大絶滅(古生代を終わらせた大絶滅。恐竜を滅ぼした白亜紀の大絶滅の規模をはるかに上回り、生物史上最大の惨事であったといわれます)によりフズリナは姿を消し、古生代末の示準化石として地質年代の同定に非常に役立ってい

ます。この時代にできた石灰岩をフズリナ石灰岩といい、とても上質な石灰岩です。山頂部分に良質な石灰岩を乗せて、この海山が地球のプレート移動で太平洋を北上してきます。日本に近くなってきたころ、日本はまだ大陸の縁でしたので、海山の土台は海溝の沈み込みによって海の底に引きずり込まれます。土台の一部と海山の上部はジャンプして大陸の一部として取り込まれ付加体となってしまうのです。3000 万年ほどまえから大陸の縁が間延びし西日本を乗せた台地が島となって分離を始めます。1500 万年くらいまえに伊吹山は現在の位置に落ち着いたようです。

土台になっている岩石は、火山活動による緑色岩類と周辺の海底に堆積したチャート(二酸化ケイ素を主成分にした固い岩。放散虫や海綿動物などの殻や骨からできている)やユーラシア大陸から流れ出た砂や泥(砂岩・泥岩)も含まれています。このため山頂は平で良質の石灰岩を乗せ、麓には砂岩や泥岩が存在しているのです。

・日本での位置付け

伊吹山の西側には琵琶湖があります。琵琶湖の西に比叡山、その西には京の都があります。現在東海道線が走っている伊吹山の麓の関ヶ原は歴史的に西と東の交通の要衝となっていました。若狭湾から琵琶湖を抜け伊勢湾に至る道のりは、南北を結ぶ本州の中で最短のルートです。古代から東西南北の交通の要衝だった関ヶ原のすぐ北に伊吹山はあるのです。

この立地を生かして織田信長がポルトガル人宣教師の希望を聞き入れ、伊吹山に土地を与えてハーブガーデンを作ったといわれています。イブキカモジグサ、キバナノレンリソウ、イブキノエンドウのように、ヨーロッパを原産とする雑草が山頂周辺にだけ生育している理由なのです。



イブキレンリソウ



イブキノエンドウ

若狭湾から吹き込む北西の季節風は大陸の乾いた冷たい空気を運んできます。そこに対馬暖流から大量の水蒸気が供給され、伊吹山に吹き上がることで雪雲ができます。有人観測で測られた世界一の積雪は 1182cm。1927 年 2 月 14 日伊吹山で観測されました(日本気象協会) この記録はギネスブックに記載されています。一日の最大降雪量世界一の記録も伊吹山が持っています。1975 年 1 月 14 日 230cm。このような多雪環境は豊かな植物相を育てるのです。

またここには伊吹山の山麓を通過して伊勢湾から若狭湾につながる柳ヶ瀬―養老活断層系に属する活断層が走っていて、この活動が伊吹山を南側からみるとそそり立っているように見える地形をつくったと考えられます。伊吹山の写真の左側は、断層運動による破砕が認められ古くからの崩壊地となっています。崩壊地の下では石灰岩鉱山会社がこの崩壊物だけを採っていました。現在はこの崩壊地の上部を採掘しており、最終的には急傾斜の破砕を受けた石灰岩や石灰岩の崩壊物を採掘して安定した山腹にする計画です。



標高 1377m と滋賀県最高峰ですが決して高い山とはいえません。この山が石灰岩層の山であることと地理的な環境条件などの要因で、植物研究に貴重な山とされ、牧野富太郎博士ら多くの植物学者や採薬師により調査がなされているのです。日本では高尾山に続いて 2 番目に植物の種類が多い山であるとする調査結果があります。山麓から山頂にかけて様々な野草の群生地があり、高山の高茎草原に見られる種も自生しています。

・固有名が付く植物たち

石灰岩の地質構成は植物相に影響を与えます。火山大国である日本の土壌は基本的に酸性で、生育する植物もその影響を逃れられません。石灰岩はアルカリ性を帯びているのでその場所だけ土壌もアルカリ性になるのです。伊吹山に固有種が相当に多いことの原因のひとつです。

山頂部では樹木の生育が抑えられて高木が少なく、日本では数少ない北方性の高山植物または亜高山性植物が分布する山地草原になっています。約 300 種の温帯性および亜高山性の草木の群生地は近畿地方以南では他に例がありません。山頂部の高山植物または亜高山性植物としてイブキトラノオ、キオン、コキンバイ、サンカヨウ、ニッコウキスゲ、マルバタケブキ、メタカラコウ、ノビネチドリなど。分布の西南限となっている種として、イブキフウロ、イワシモツケ、エゾフウロ、キンバイソウ、グンナイフウロ、ハクサンフウロ、ヒメイズイなど。

日本海側要素の植物としてイブキトリカブト、オオカニコウモリ、オオヨモギ、エゾユズリハ、ザゼンソウ、スミレサイシン、タムシバ、ハイイヌガヤ、ハクサンカメバヒキオコシ、ミヤマイラクサなど。

南方要素の植物としてカキノハグサ、ギンバイソウ、ミカエリソウなど。

石灰岩地を好んで生育する植物としてイチョウシダ、イワツクバネウツギ、イブキコゴメグサ、キバナハタザオ、クサボタン、クモノスシダ、ヒメフウロなど。

「イブキ」を冠する和名の種として、イブキトラノオのように最初に伊吹山で発見されたことから、和名に「イブキ」を冠する種が多数あります。イブキシダ、イブキトラノオ、イブキトリカブト、イブキハタザオ、イブキシモツケ、イブキフウロ、イブキタイゲキ、イブキスミレ、イブキセントウソウ、イブキボウフウ、イブキゼリ、イブキジャコウソウ、イブキクガイソウ、イブキカモジグサ(欧州産)、イブキトボシガラ、イブキヌカボ、イブキノモソモ、イブキザサといった 20 種以上のイブキを冠する種の植物が自生しているのです。

最後に伊吹山の固有種として、コイブキアザミ、イブキアザミ、イブキコゴメグサ、イブキタンポポ、イブキハタザオ、イブキヒメヤマアザミ、イブキレイジンソウ、コバノミナグサ、ルリトラノオ、の 9 種があ

ります。



ルリトラノオ

イブキレイジンソウ

・不思議が重なる理由

地理的条件として多雪世界記録を樹立するほど多量の雪が降る気象条件のため高山性の植物分布が可能で、日本海要素の植物の種類が多いこと。古生代のフズリナ石灰岩という良質の石灰岩が山体上部に存在するため石灰岩地を好んで生育する植物が多いこと。暖温帯植物の西南限界となり、西日本に分布する南方要素(襲速紀要素)の植物が北上してきていることが伊吹山域の植物の多さとなっています。

これがオオバギボウシとメタカラコウ群落、オオバギボウシとショウジョウスゲ群落、サラシナショウマ群落、フジテンニンソウ群落、シモツケソウ群落、アカソ群落、岩場のイブキジャコウソウ群落、チシマザサ群落などの草本植物群落が季節ごとのお花畑を作る不思議の理由です。

滋賀の最高峰伊吹山は昔から様々な種類の薬草が豊富で、薬草の産地として有名です。ヨモギ、トウキ、センキュウが「伊吹三大薬草」とされ、ヨモギを使った「伊吹モグサ」は近江の特産品でした。織田信長がポルトガルの宣教師にハーブガーデン(薬草園)を作らせたのも植物の種類が豊富であった伊吹山に目をつけたからです。多くの薬草(民間薬草が 230 種ほど、局方薬草 19 種)が分布していたとされています。ポルトガルの宣教師がもたらした西洋の薬草の種といっしょに、イブキカモジグサ、キバナノレンリソウ、イブキノエンドウのように、ヨーロッパを原産とする雑草の種が混じり、現在も生育が確認されていますが、薬草として植えたものは絶えてしまいました。

木本植物群落としては、イブキシモツケ群落、オオイタヤメイゲツとミヤマカタバミ群落、ブナとオオバクロモジ群落などがあり、草ばかりでなく樹木も多くの種類が分布しているのです。

伊吹山は古くから周囲の人々の生活を支える山でもありました。薬草を採取したり薪炭林として利用してきました。現在は石灰岩の採掘もおこなわれています。他に類を見ない特殊な環境が揃った伊吹山の自然を、これからも維持しようと、2003年(平成15年)7月25日に「伊吹山頂草原植物群落」が、代表的な高山植物帯、特殊岩石地植物群落、著しい植物分布の限界地であることなどにより、国の天然記念物に指定されました。花畑が広がる不思議が後世に残るように、私たちは心掛けていかなければなりません。

エベレスト撮影はいかにしておこなわれたか

清水義浩

世界最高峰にハイビジョンカメラで挑む

はじめに

1995年5月11日、日本大学エベレスト登山隊は、過去8隊が挑んで成しえなかったエベレスト北東稜ルートからの登頂に成功した。NHK取材班は、登山活動に同行取材し、登頂までの様子をハイビジョンカメラで撮影し、NHKスペシャルで放送した。

テレビの報道映像は、ポラロイド写真からはじまり、その後、動画を撮影できるフィルムに、そしてフィルムからテープに移行し、取材用のカメラをSONYとNHK技術研究所で開発。撮影媒体はベータカムと呼ばれたテープを使用していた。その後、テレビもデジタル化され、高画質のハイビジョンカメラが登場。今では、4K、8Kとさらに高画質な撮影ができるカメラが開発されている。NHKのヒマラヤ撮影は、1970年にJACが挑み、植村直己さんと松浦輝夫さんが日本人初の登頂者となったエベレスト取材からはじまり、1991年~1992年にはJACのナムチャバルワ取材と高所での撮影を行ってきた。そして1995年に日本大学山岳部創立70周年の記念事業として、エベレスト北東稜に報道隊として参加した。当時、ハイビジョンカメラは開発されたばかりで、今でこそ高画質であるが、当時はブラウン管テレビがまだまだ主流の中、次世代テレビとしての可能性を秘め、試行錯誤している時であった。NHK取材班としても、日本大学隊が困難なエベレスト北東稜に挑むのと同様に、開発されたばかりのハイビジョンカメラでエベレストの撮影に挑戦した。通常、テレビ局のカメラマンが使用しているカメラは、レンズ、VTR部分と一体化になっているが、当時のハイビジョンカメラは、カメラのレンズ部分とVTR部分がセパレートになって分かれており、カメラとVTR部分をケーブルでつないでVTRに収録するカメラであった。中でもVTR部分が25キロもあり、背負子にくくりつけて運んだ。また、撮影収録に欠かせないバッテリーも通常の撮影の数十倍の数を用意した。高所に運びこむという課題の前に、エベレストのヒマラヤの極寒の地で機材が正常に動くかどうかは鍵となった。今回の取材班は、ヒマラヤ取材の経験豊富でJACのナムチャバルワにも同行している、取材リーダー兼カメラマンとディレクター、それに3人のエンジニア、そのうち1名は高所登山に強い山岳取材が得意なフリーのエンジニア、そして、私と通訳と日本大学山岳部OBの、村口徳行(のりゆき)さんの8人のメンバーで構成された。村口さんは、日大OBということもあり、日大側との取材活動にも非常にスムーズにいき、ヒマラヤ経験が多く、シェルパ達からも信頼されていた。この取材後、三浦雄一郎さんや渡辺玉枝さん、野口健さんらのエベレスト登山をサポートして、エベレスト登頂請負人の異名をとった方で、NHKの番組、グレ

ートサミッツの撮影にも多くかかわった。最終的には、カメラマン3人とエンジニア3人を3クルーに分けて、登頂の様子を撮影した。また、NHKでは、5人のシェルパを雇い荷揚げ等を行ってもらった。

機材準備など

日本大学は1年以上前から、1995年5月10日を登頂日として入念なタイムスケジュールが組まれて、計画が推進され1994年2月には隊員候補者の顔合わせが行われたという。(実際には登頂日は、5月11日)1994年2月はノルウェーのリレハンメルオリンピックが開催され、私はオリンピック取材班のひとりとしてリレハンメルで取材活動をおこなっていたが、まさかその1年後にエベレスト登山に行くとは夢にも思わなかった。95年2月に日本を出発するが、私にエベレスト取材に行けと指示が来たのは、94年11月だった。当時、札幌放送局に勤務していたので、頻繁には東京には行けなかったが、高所での経験も皆無であったため、低酸素実験室での心肺機能検査などで上京の際に、国立極地研究所にハイビジョンカメラを持ち込み、マイナス50度の実験ラボでカメラテストを行った。カメラの側面やVTR機器の側面には、クッション性で断熱効果のある銀マットを切ってはりつける工夫をした。また、ケーブルについてもガムテープを何重にも重ねて巻き付けて、耐寒の工夫をした。カメラの三脚については、北海道でマイナス25度でも撮影している、通常の三脚を使用した。わずか2か月ほどの短い期間で、カメラテストなど行い準備した。バッテリーに関しては、リチウムバッテリーを用意したほか、まったく充電はできないが、通常のリチウムバッテリーの何十倍も電池が長持ちするフランス製のバッテリーを数本用意した。充電に関しては、ソーラーパネルを使った充電器を使用した。そのほか、登山隊でホンダの小型発電機を用意して、蓄電池に充電し電力を供給した。発電機は、燃料の不純物や砂埃などが原因で、故障が多かったが、幸い隊員の中にメカに詳しい隊員がいて、何度もオーバーホールしながら使用ができ非常に助かった。撮影用のハイビジョンカメラは1式で、あとは業務用のデジタルカメラ、それにアタック隊に登頂時に撮影してもらった小型カメラ、三脚、バッテリー、通信機器など機材の総重量は1トン近くになった。

ベースキャンプ建設

3月22日にBC入り。シーズン最初の入山隊となり、道が凍っており悪路を、NHKランクル2台と登山隊ランクル1台、それにトラック6台で走破。最もロンブク氷河に近くJACの80年隊、88年隊と全く同じ場所にBC建設。3月のBCは、夜間は、マイナス20度と気温が低く、昼間から砂塵を含む強風が吹き、まだ真冬の装いであった。BCには、登山隊員14名、学術隊員6名、NHK8名、共同通信社2名、連絡官を含めた中国人関係者が4名、それにシェルパ30名、NHKシェルパ5名、共同通信社シェルパ2名、キッチ

ンボーイ 5 名の総勢 70 名以上が B C に集結し、日大村であった。B C には、食堂テント、集会テント、報道テントなどを作り、連絡用の衛星電話インマルサットもテント内に設置した。B C では、登山隊も NHK も一人一幕のテント生活ができ、快適なテント生活であった。このシーズンは、13 隊が入山し、そのうち 6 隊が公募隊で、商業的登山隊が見られた。B C、A B C と大規模のキャンプを村が設営されたため、環境問題にも配慮し、今回は、学術隊も参加したことで、登山隊のゴミ処理対策として、軽量小型の組立式焼却炉を日本から持参して、ソーラーバッテリーを使ってブロアーを回し、風を送って燃焼温度を高めて無煙の状態に焼却した。トイレは B C にチベット登山隊が建てた石造りのトイレがあったが、使用済みのトイレトーパーは、袋にためて焼却炉で焼却処理をおこなった。B C までジープでの入山が可能であったため、中国側の連絡官などが、機会を見つけては、チベットの村まで新鮮な野菜や肉を買い付けに調達しに行き、ついでに日本から届いた、郵便物や週刊誌などを持ってきてくれて嬉しかった。

取材活動および荷上げ

3 月下旬に B C 入りして、本格的に取材活動が始まったが、強風には随時悩まされた。また、B C から A B C 間の荷上げは、登山隊のヤクを割り当てていただき、順調にいったが、デリケートなハイビジョンカメラや 25 キロもある V T R は、ヤクに託すことはできず、スタッフとシェルパで担ぎ上げた。特に A B C から ノースコルまでの機材の荷上げは、シェルパの力がなかったら、撮影そのものが成功しなかったといえる。当初撮影は、北東稜の真向かいのピーク付近に取材用のキャンプを作る予定であったが、A B C から登攀ルートが丸見えで、取材用の出先キャンプを作る必要がなく、登山隊の指揮官および隊員の動きがほぼ A B C でフォローできたのがよかった。今回の取材では、経験豊富な村口さんに北東稜ルートを最新鋭のデジタルカメラを持って 8200 メートルまでプロ用機材を運び上げ、取材撮影した。また、我々の最終的な大目的の登頂シーンをハイビジョンカメラで撮影するため、120 キロの機材と装備を ノースコルまで、二日がかりで荷上げした。最終段階では、北東稜同行クルー、A B C での登山活動の指揮取材クルー、そして私が担当した ノースコルから登頂の様子を撮影するクルーの 3 クルーで挑んだ。

登頂シーンをハイビジョンカメラで撮影

登頂当日は、無風快晴の素晴らしい好天に恵まれた。登山隊にとっては、最高の天気であったが、取材にも幸運だった。ノースコルから頂上まで直線で 3.5 キロほどであり、風が強いと望遠レンズの映像はかげろうのように揺らめいてぼやけてしまう。しかし、登頂日の 5 月 11 日は無風快晴でアタック隊の一挙手一投足が、はっきりと映像にとらえられていたのは、まさにハイビジョンならではの特性であった。日大隊が世界で初めてエベレストの未踏

ルートからの登頂に成功したのと同時に、私たち取材班も世界で初めて、ヒマラヤ登山のハイビジョンでのドキュメンタリー取材を完遂できた。

日大隊の挑戦の様子はNHKスペシャル「チョモランマ遙か」として放送され、ハイビジョン国際映像祭にノミネートされ、異常な条件下での困難な取材活動が評価され、ドキュメンタリー部門で、NHK取材班が、フェスティバル表彰（優れた作品の制作に貢献した個人に贈られる賞）を受賞した。

日本大学エベレスト登山隊取材日程

- 2月19日 日本出発→バンコク
- 20日 カトマンズ着
- 24日 カトマンズ→ルクラ→パグディン
- 25日 パグディン→ナムチェバザール
- 27日 ナムチェバザール→タンボチェ
- 28日 タンボチェ→ペリチェ
- 3月 3日 ペリチェ→ロブチェ
- 4日 ロブチェ→カラパタール登山→ロブチェ
- 5日 ロブチェ→パンボチェ
- 6日 パンボチェ→シャンボチェ（エベレストビューホテル）
- 8日 シャンボチェ→カトマンズ
- 17日 カトマンズ→ザンムー
- 18日 ザンムー→ニエラム（チベットへ入国）
- 20日 ニエラム→シガール
- 22日 シガール→エベレストBC BC建設（5150m）
- 24日 BC→C1→BC マイナス11℃
- 28日 第1回ヤク荷揚げ 登山隊 BC→C1建設 マイナス17℃
登山隊の必要ヤク数は200頭分。（5500m）
51頭で4回の荷揚げを1回5日間のローテーションで行う。
- 29日 C1→C2建設 マイナス16℃（6000m）
- 31日 C2→ABC建設→C2 マイナス20℃
- 4月 1日 C2→BC マイナス18℃
- 2日 第2回ヤク51頭荷揚げ マイナス13℃
- 6日 第3回ヤク51頭荷揚げ マイナス18℃
- 8日 BC→C2 マイナス18℃
- 9日 C2→ABC（6350m） マイナス17℃

- 11日 第4回ヤク51荷揚げ マイナス22℃
 14日 登山隊C4建設 ABC→BC マイナス25℃
 17日 BC→C2 マイナス18℃
 4月18日 C2→ABC マイナス21℃
 19日 ABC→BC マイナス28℃
 23日 BC→C2 マイナス20℃
 24日 C2→ABC マイナス26℃
 25日 登山隊C5建設(7850m) マイナス29℃
 26日 ABC→C4(7100m)→ABC マイナス20℃
 29日 登山隊ピナクル帯突破 マイナス23℃
 5月 1日 ABC→BC マイナス23℃
 5日 BC→ABC マイナス8℃
 5月 6日 アタック隊BC出発 マイナス25℃
 8日 ABC→ノースコル(7020m) マイナス15℃
 9日 登山隊C6建設(8350m)
 10日 登山隊C7建設(8560m)
 11日 午前4:00 C7出発
 4:30 エベレストに日が差しはじめ、山全体が明るくなる
 ABCからもアタック隊の行動確認
 5:30 三角雪田
 6:45 登頂の無線連絡 登頂成功
 古野 淳、井本 重喜、ラクパヌル、ダワツェリン
 ノースコル→ABC
 14日 ABC→BC
 16日 BC→ザンムー
 17日 ザンムー→カトマンズ
 27日 カトマンズ→バンコク
 28日 帰国

日本大学エベレスト登山隊 1995

総隊長 平山善吉

隊長 神崎忠男

副隊長 池田錦重

登攀隊長 古野 淳(登頂者)

井本 重喜(登頂者)

日本山岳会後援

歩行ペースとコースタイムから考える安全登山の科学

山本正嘉

1. はじめに一上りのきつさは何で決まるか

登山は年齢や性別によらず楽しむことができます。上手に行えば健康や体力の増進にもよい運動です。しかし事故も多いのが現状です。その主要因の1つは、自分の体力レベルに不相応な、速すぎるペースで歩く人が多いことです。この問題に関する現状とその解決策について、運動生理学の視点から考えてみます。

山道を上る時、速く歩けばきつく、ゆっくり歩けば楽に感じます。この当たり前のような現象を実験で調べてみると、きつさ（正確には単位時間あたりで身体が使うエネルギー）は、水平方向ではなく、垂直方向への移動速度にほぼ比例していることがわかります。

平らな道を歩いたり走ったりする時のきつさは、水平方向への速度に比例します。これは誰でも子供時代から日常的に体験することなので、速度調節も自分で容易にできます。一方で登山者は、これを垂直方向への速度に置き換えて速度調節をしなければなりません。これは思った以上に難しいことなのです。その結果、体力不相応の速さで歩いてしまう人が多く、疲労や事故の要因ともなっているのです。

2. 安全な登高速度とは

表1 は、私たちが行う様々な運動の強度について、「メッツ」という単位で分類したものです。1メッツとは、安静時に1分あたりで使うエネルギーのことです。健康によいとされる早歩きは約4メッツですが、これは安静時のほぼ4倍のエネルギーを使っているという意味になります。表の下に行くほどメッツ値が大きくなりますが、これは運動のきつさが増すということです。

この表に登山(上り)の強度を対応させてみると、軽装でゆっくり歩くハイキングでは約6メッツ、一般的な無雪期登山では約7メッツの負担となります。雪山、岩山、沢登り、藪山といったバリエーション登山では約8メッツです。これらのきつさの度合いを、整備

表1. メッツの単位で表した様々な運動の強度 (Ainsworthら, 2000より作成)

運動の強さ	スポーツ・運動・生活活動の種類
1メッツ台	寝る, 座る, 立つ, デスク仕事
2メッツ台	ゆっくり歩く, 立ち仕事, ストレッチ, ヨガ
3メッツ台	普通～やや速く歩く, 階段を下りる, 掃除, 軽い筋トレ
4メッツ台	早歩き, 水中運動, ゴルフ, 庭仕事
5メッツ台	かなり速く歩く, 野球, 子供と遊ぶ
ハイキング→ 無雪期の縦走→ 6メッツ台	ジョギングと歩行を交互に, バスケット, ゆっくり泳ぐ
バリエーション→ 7メッツ台	ジョギング, サッカー, テニス, スケート, スキー
8メッツ台	ランニング(130m/分), サイクリング(20km/h), 中速で泳ぐ
9メッツ台	荷物を上の階に運ぶ
クライミング→ 10メッツ台	ランニング(160m/分), 柔道, 空手, ラグビー
11メッツ以上	速く泳ぐ, 階段を駆け上がる

安全
圏内
↑
↓
安全
圏外

されて歩きよい道を、軽装で上る時の登高速度（1時間あたりで何m上るか）に置き換えて表すと、ハイキング的な上り方では300m/h、無雪期登山の上り方では400m/h、バリエーション登山では500m/h くらいの運動強度に相当します。

ここで注意して頂きたいことは、6メッツと7メッツの境界についてです。運動中の突然死を調べた研究によると、6メッツ台までの運動ならば、心臓に問題があり（潜在的な場合も含む）、かつ運動不足の人が行っても心臓突然死を起こす確率は比較的低いのです。しかし7メッツ以上の運動をすると、その確率が跳ね上がるとされています。7メッツの運動とは、下界の運動ではジョギングに相当します。実際に、ジョギング中、あるいは市民マラソン中に、ゆっくり走っているのに突然死を起こしたという話は、ときどき耳にします。

つまり、心臓に不安のある人が安全な登山をするためには、6メッツ台の登高速度（300～350m/h程度）を守ることが必須条件となります。心臓に不安のある人ばかりでなく、体力に自信のない人、運動不足の人、登山の初心者、高齢者などでは、やはり6メッツ台のペースを守って歩くことが、疲労やトラブルを防ぐための必要条件となります。

しかし、6メッツと7メッツの登高速度の差を判別するのは容易ではありません。しかも山道では、絶えず傾斜が変わり、時には歩きにくい箇所も出てきます。このような刻々と変化する登山道の様相に応じて、自分で登高速度を加減することは、とても難しいことです。それがきちんとできる人は相当なベテランだといってもよいでしょう。

3. 登山者はどれくらいの速さで上っているのか

それでは、一般の登山者は実際に、どれくらいの速さで山道を上っているのでしょうか。

図1は、久住山、六甲山、筑波山などいくつかのポピュラーな山で、男女の中高年登山者400名以上の登高速度を調査した結果です。400m/h未滿、いいかえると6メッツ台以下の安全速度で上っていた人は少数でした。最も多かったのは、男性では600m/h（9メッツ）、女性では500m/h（8メッツ）

前後のペースでした。

8～9メッツの運動とは、雪山や岩山といったバリエーション登山に匹敵します（表1）。体力が十分にある人ならばこのペースでも問題はありません。しかし、そうでない人がこのような速さで上ったとすれば、疲労をはじめとして様々なトラブルが起こるでしょう。特に、心臓に問題を抱えている人では危険です。

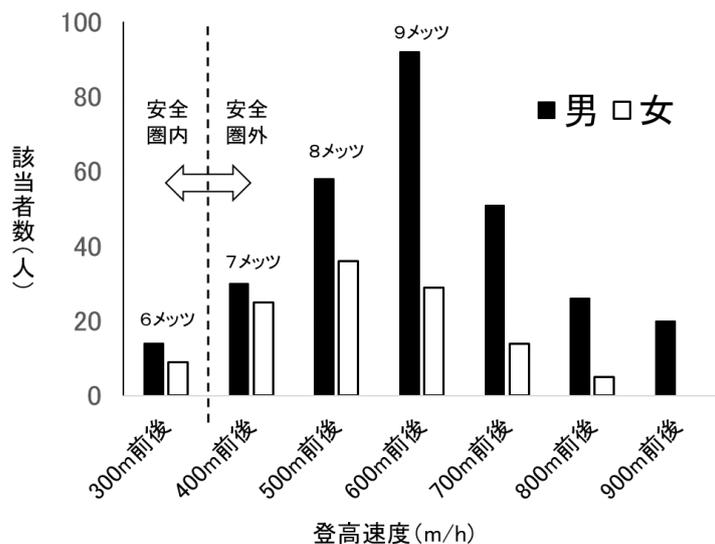


図1. 中高年登山者の山での登高速度（照内ら，2020）

この図からは、男性は女性よりも速く上っている人が多いこともわかります。心臓突然死は中高年の男性に圧倒的に多いという調査結果がありますが、これを裏付けるようなデータといえます。

4. 安全・快適な登高ペースを自主学習する試み

最近の登山用の腕時計には、様々な機能が搭載されています。身体に無理のない登山をするためには、そのうちの登高速度の表示機能が役立ちます（ただし機種によって性能にかなりの違いがあるので注意が必要です）。この機能を活用して、中高年の女性 4 名を対象に、自分の体力レベルに合わせて無理のないペースで上ってもらう実験をしました。

表 2 はその結果を示したものです。登高速度を意識する以前は、上りで心肺が苦しいというトラブルが多く起こっていたのに、自分で時計を見ながら登高速度を調節することで、そのトラブルが無くなりました。

自分の感覚だけに頼って、あるいは無意識に歩いていると、どうしても早いペースで上ってしまいがちです

(図 1)。自分の感覚に加え、機器に表示される客観的な登高速度の値を確認することで、そのずれを修正することができ、それを繰り返すことで自分にとっての安全・快適なペースが身についていくのです。

表2. 登高速度を確認しながら上ることによる心肺トラブルの防止効果（照内ら、2019）

	実行前	実行後	内省報告・備考
Aさん	4 / 4回	0 / 3回 (400~450m/h)	適正速度を意識することで、あまり息切れを感じなかった。この速度を超えると、息切れすることも実感できた。登高速度を抑えるために、歩き方の工夫をするようになった。
Bさん	2 / 2回	0 / 7回 (350~400m/h)	トラブルなく楽しく歩けた。適正な登高速度を守るために、歩幅を小さくするなど、歩き方を工夫するようになった。
Cさん	1 / 3回	0 / 5回 (400~450m/h)	ペースを確認するようになってからは、楽に上れるようになった。
Gさん	登山 未経験者	0 / 1回 (350~400m/h)	無理なく登るための速さがわかった。急傾斜の所ではうまくペース管理ができなかったが、通常の傾斜の所では楽に歩くことができた。

* : 1/3回とは、3回の登山のうち1回、心肺のトラブルがあったことを意味する。

5. コースタイムを科学する

ここまで歩くペースについて考えてきましたが、次に、これと連動して決まるコースタイムについて考えてみます。速く歩くほどコースタイムは短くなりますが、速すぎればバテてしまいますし、心臓突然死のリスクも高まります。逆に、ゆっくり歩けばバテも起こらず安全でもあります。ゆっくりすぎるとは 1 日の行程に支障が出てしまいます。早すぎず遅すぎず、どれくらいが適度なタイムといえるのでしょうか。

登山のガイドブックにはコースタイムが記載されており、「初心者にとって無理のないタイムに設定した」と書いてあります。しかし、運動生理学的にはどの程度の強度になっているのでしょうか。また、コースタイムは執筆者の経験に基づいて決められているので、同じコースでも執筆者によってタイムが違ってくることもあります。このように、従来は経験的・主観的に決められてきたコースタイムですが、これに科学的なデータも加味して、無理のないタ

イムを見い出すことができれば、安全・安心な登山に役立ちます。

そこで私たちは、山と溪谷社の『分県ガイドブック』全46巻を用いて、全国の2000以上の日帰り登山コースのデータを集計・分析してみました。図2はその結果です。上半分の図に示すように、一般的な登山道では、様々な様相の坂道が組み合わせ

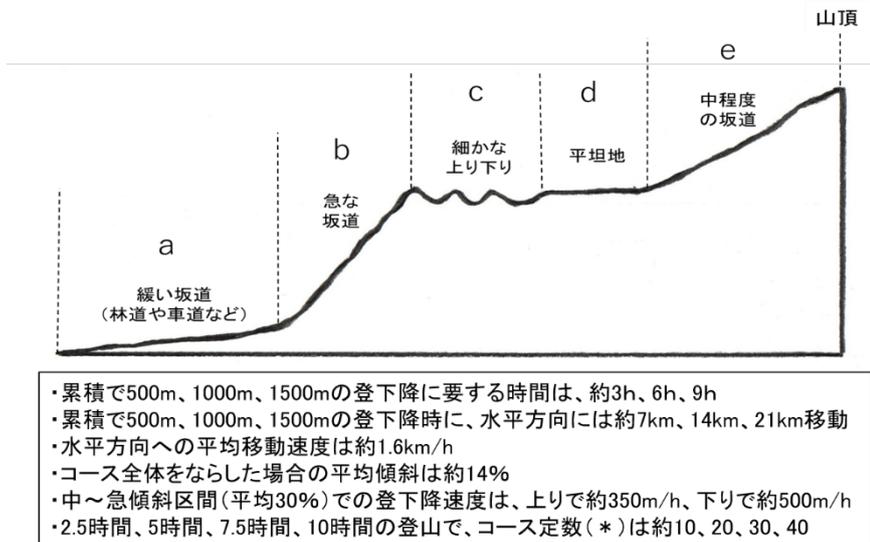


図2. 2000以上の日帰り登山コースを平均化した場合の運動様相 (山本, 2022)
 *コース定数とは、歩行時間と距離(水平・垂直成分)によって決まるエネルギー消費量の係数で、従来のガイドブックに記載されていた「体力度」に相当する概念

合わさり方は千差万別で、同じコースは一つとしてありません。しかし、たくさんのコースのデータを分析することで、最大公約数的な性質を把握できます。

たとえば、このようなコースで累積の標高差にして1000m上って下ってくる場合、平均値ではほぼ6時間のタイムが付けられていました(これを「1000m登下降時間」と呼ぶことにします)。2節では、上りでは6メッツ台のペースにすると安全性が高いと述べましたが、興味深いことに6時間の1000m登下降時間とは、このペースにちょうど合致するので、図2の下半分には、今回の分析から得られた様々な性質を書いておきました。これらの値を参考にすることで、安全性の高い登山計画を立てることができるでしょう。

6. 著者別に見たコースタイムのばらつきについて

前節では、全ての県の2000以上のコースタイムを平均値化して見ると、運動生理学的に見て理にかなった値になっていると言いました。次に、県(執筆者)別に見た時の、タイム付けのばらつきについて考えてみます。表3は、各県別にコースタイムの平均値を求めた結果です。多くの県では1000m登下降時間が6時間前後、つまり全国平均値とほぼ同じ値になっていることがわかります。しかし、この値からかなり外れている県もありました。

表3. 都道府県別に見たコースタイム設定のばらつき (山本, 2020)

順位	県名	1000m登下降時間	順位	県名	1000m登下降時間	順位	県名	1000m登下降時間
1	神奈川	3.7	16	栃木	5.7	31	岡山	6.4
2	島根	4.4	17	宮城	5.9	32	北海道	6.4
3	東京	4.8	18	石川	5.9	33	鳥取	6.4
4	愛媛	4.8	19	長崎	5.9	34	千葉	6.5
5	岩手	5.1	20	愛知	5.9	35	静岡	6.6
6	徳島	5.2	21	兵庫	6.0	36	大分	6.6
7	埼玉	5.3	22	大阪	6.0	37	秋田	6.6
8	山形	5.3	23	滋賀	6.1	38	新潟	6.7
9	茨城	5.4	24	長野	6.2	39	京都	6.7
10	福岡	5.5	25	三重	6.2	40	鹿児島・沖縄	6.8
11	香川	5.6	26	高知	6.2	41	佐賀	6.8
12	広島	5.6	27	熊本	6.2	42	富山	6.9
13	山口	5.7	28	山梨	6.2	43	奈良	7.1
14	宮崎	5.7	29	和歌山	6.3	44	群馬	7.5
15	福井	5.7	30	福島	6.3	45	岐阜	8.4
						46	青森	8.7

最も厳しいタイムがついていたのは神奈川県で、3.7時間でした。図2のa、c、dのような比較的平坦な区間（時間の割には高度をかせげない部分）も含まれるコースで、1000mを上って下ってくるのに3.7時間という値は、初心者や体力の低い人にはきつすぎるでしょう。またb、eのような、中～急傾斜の区間（平均で30%）での登高速度は400m/hを超える値が付いていました。これは7メッツを超える運動強度となり（2節）、心臓に問題を抱える人がこのタイムで歩こうとすれば、心臓突然死が起こる可能性も高まります。

7. コースタイムの全国標準化に向けての取り組み

ここまで、コースタイムのデータを科学的に分析した結果を基に、その望ましいあり方を述べてきました。しかし、科学的なデータだけが正しいと主張したいものではありません。

図2に示した各種の数値は、整備された登山道に対して最大公約数的には当てはまります。しかし現実には、山によって路面の歩きやすさには多少の違いがあります。また、難路の部分（やせ尾根や鎖場など）では時間がかかりますし、富士山のように高度の影響を受ける山では歩行速度が全体的に落ちます。このような山ごとの特性による影響については、ベテランの意見も加味して考えることが重要となります。

つまり、科学的なデータを基本としつつ、細かな部分はその山域に精通したベテランの感覚とすり合わせながらタイム付けをしていくことで、真の意味で安全・安心なコースタイムが設定できるのです。このような形で全国の山域でコースタイムの標準化が実現できれば、安全・安心なことに加え、自分が通い慣れた山域から別の山域に出かけたときにも同じタイム感覚が通用し、より堅実な登山計画も立てられます。

私たちは最近、次のような取り組みもしています。ITの発達により、登山中にスマートフォンで登山地図を見られるアプリケーションを提供する会社がいくつか現れてきました。このうちの一つであるYamap社との共同研究で、同社が保有する数十万人のユーザーの登山軌跡、いわゆるビッグデータを分析したところ、図2とよく似た結果が得られました。このようなデータも加味すると、さらによい標準コースタイムを提案できそうです。

コースタイムというのは一見、主観的で曖昧なものに見えますが、色々な視点からデータで表して分析していくと、人間が山道を歩く時の法則性が浮かび上がってくるところがとても興味深いと思っています。皆さんも今後、このようなことを意識して山を歩いてみると、面白い発見があるのではないのでしょうか。

<参考文献>

- ・山本正嘉：登山の運動生理学とトレーニング学．東京新聞，2016．（2，3，4章）
- ・山本正嘉：運動生理学の視点から見たコースタイムの特性．山と溪谷，1031:131-133，2021．
- ・国立登山研修所：新・高みへのステップ（第1部），2022，pp.126-164．
- ・山本正嘉：日本の一般登山道におけるコースタイム設定の現状と標準化に向けての提案．登山研修，37: 12-18，2022．

● 演者プロフィール

● 石井誠治 (いしいせいじ)

- 身近な自然を楽しく語る野外講座が好評でNHK文化センター、川崎市民アカデミー、読売・日本テレビ文化センター等の野外講師。樹木診断、園芸相談、エコツアーガイドなどで森林インストラクター、樹木医として活躍中。



● 主な著書

- ・ 「都会の木の花図鑑」八坂書房 2006年、2016年新装版
- ・ 「樹木ハカセになろう」岩波ジュニア新書 2011年
- ・ 「大人の樹木学」洋泉社新書 2013年
- ・ 「木を知る・木に学ぶ」ヤマケイ新書 2015年
- ・ 「私は樹木のお医者さん」くもん出版 2016年
- ・ 「樹木の名前」図鑑 2018年

● 清水義浩 (しみずよしひろ)

- 日本山岳会理事、資料映像委員会・デジタルメディア委員会担当理事
- 室蘭工業大学WV部OB、札幌山の会会員、1等三角点研究会会員（大の三角点マニア）
- 元NHK報道カメラマン。現役時代は槍ヶ岳、飯豊山、甲武信ヶ岳などの番組取材撮影。海外ではモンゴルの遊牧民やインド、パキスタンなどアジア取材。
- 2000年には、三浦雄一郎氏の父、三浦恵三氏に密着したドキュメンタリー番組、
- にんげんどキュメント「96歳の大滑降」取材、八甲田山や立山でカメラを担いで
- 山スキーをしながら撮影し、ギャラクシー賞・奨励賞を受賞。
- 1964年生まれ 札幌生まれの札幌育ち、生粋の道産子



● 山本正嘉 (やまもとまさよし)

- 1957年生まれ。東京大学大学院修了（博士：教育学）。鹿屋体育大学教授、同スポーツトレーニング教育研究センター長兼任。スポーツ選手の競技力向上のための研究や教育を主軸とし、あわせて登山に関する研究・啓発・指導も行ってきた。三浦雄一郎氏の3回のエベレスト登山時にはトレーニングサポートを行う。東京大学スキー山岳部に所属。国内では利根川本谷の単独遡行や日高山脈の単独全山縦走な、海外ではシヴリン北稜の初登攀、アコンカグア南壁のアルパインスタイル登攀、チョーオユウの無酸素登頂など。2000年に『登山の運動生理学百科』を上梓、韓国、台湾、中国でも翻訳された。2016年には『登山の運動生理学とトレーニング学』を刊行。2001年に日本山岳会から第4回秩父宮記念山岳賞を、2021年に日本山岳・スポーツクライミング協会から第10回日本山岳グランプリを授与された。



発行日：2022年10月2日

発行人：公益社団法人日本山岳会・科学委員会

住所：東京都千代田区四番町5-4

サンビューハイツ四番町

電話：03-3261-4433

編集人：平野裕也

