

ブータン王国でのトレッキング参加者における高所順応と SpO₂、心拍数および高山病評価スコア

山下 耕

京都大学 総合人間学部

急性高山病（AMS）および高所順応の程度は、動脈血酸素飽和度（SpO₂）、心拍数、高山病評価スコア（AMS スコア）を用いある程度評価できる。本研究では 2015 年 9 月にブータン王国の標高 2000 ～ 5000m において 16 日間のトレッキングを行った男性 8 名（18 ～ 30 歳）を対象として、トレッキング前後を含む 20 日間、1 日朝夕 2 回ずつ SpO₂、心拍数、AMS スコアを記録した。結果、登高に伴って各指標が変化し高所順応の順調な進行が観察された。また、被験者 5 名の同年 8 月の 1 泊 2 日の富士山登山における SpO₂、AMS スコアをトレッキングのおよそ同標高地点と比較したところ、トレッキング時のほうが有意に低かった（ $p < 0.05$ ）。さらに、被験者らの AMS スコアが最も高かった地点においても、日本人トレッカーの平均的な順応と同程度の順応を獲得していた。好調な順応の原因として直近一か月の高所経験、登高速度や 1 日の獲得標高の調節、ダイアモックスの服用が考えられた。

I. はじめに

高所での登山では急性高山病（Acute Mountain Sickness : AMS）を経験することが多い。この AMS の程度の評価には動脈血酸素飽和度（SpO₂）や心拍数、自覚症状をもとにした高山病評価スコア（AMS スコア）といった指標が有用である。

本研究では登山者が初めて経験する標高でどの程度の AMS スコアを示すのか、また高度順応の進行に沿ってどのように AMS の評価指標が変化するかを考察する目的で、ブータン王国内のおよそ標高 2000m から 5000m でトレッキングを行った登山者の実態を報告する。

II. 方法

1. 対象

2015 年 9 月にブータン王国内で 16 日間のトレッキングを行った 18 歳から 30 歳の男性 8 名を対象とした。

被験者らは継続的に国内登山を行っており全員が同年 8 月に富士山（3776m）に登頂していた。うち 1 名は 3 年前にキリマンジャロ山（5895m）に登頂したことがあったが、ほか 7 名は富士山の 3776m がトレッキング以前に経験した最高標高だった。

2. 予備調査

トレッキングの記録と比較するため、被験者 8 名らが 8 月 6 日から 7 日にかけて富士登山を行った際に行動時間中の SpO₂ と AMS スコアを約 2 時間ごとに記録した。記録に際しては行動直後を避け、最低 5 分安静にしたのちに座位で測定した。

SpO₂ は小型のパルスオキシメーター^{注 1)} で測定し AMS スコアは本稿の末尾資料に示した日本登山医学会による「高度順化チェックシート」¹⁾ に沿ったアンケートに各自回答してもらい算出した。

3. 記録項目と記録方法

トレッキング中の 16 日間に加え、開始前の 2 日間と終了後の 1 日にわたる計 20 日間において、1 日 2 回ずつ SpO₂、心拍数、AMS スコアを記録した。SpO₂ と心拍数は予備調査と同じパルスオキシメーターにて測定し、AMS スコアも予備調査と同様に算出した。

測定は、起床約 30 分後の朝食前と日中の行動終了から数時間を経過した夕食前に、座位・安静状態で行った。

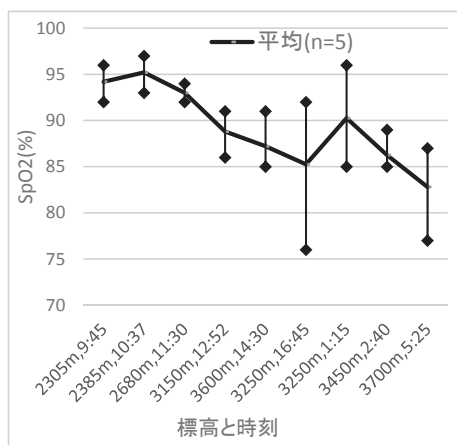


図1 富士山登山中の SpO₂

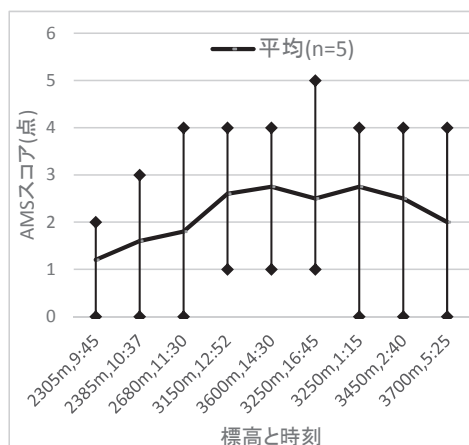


図2 富士山登山中の AMS スコア

4. ダイアモックスの服用

被験者らはトレッキング中に AMS 対策として登高による獲得標高が大きい日を中心に計 8 日間ダイアモックス 250mg 錠を 1 日 1 錠服用した。

Ⅲ. 結果

1. 予備調査

欠測が多かった 3 名を除いた 5 名のデータを取得した。図 1 に富士山登山中の SpO₂ の最大値、最小値、平均値を示した。図 2 に富士山登山中の

AMS スコアの最大値、最小値、平均値を示した。標高 3250m では就寝時間を挟み 16 時台と 13 時台の 2 回計測した。

2. トレッキング中

図 3 にトレッキング中の SpO₂ の最大値、最小値、平均値を示した。図 4 にトレッキング中の心拍数の最大値、最小値、平均値を示した。図 5 にトレッキング中の AMS スコアの最大値、最小値、平均値を示した。

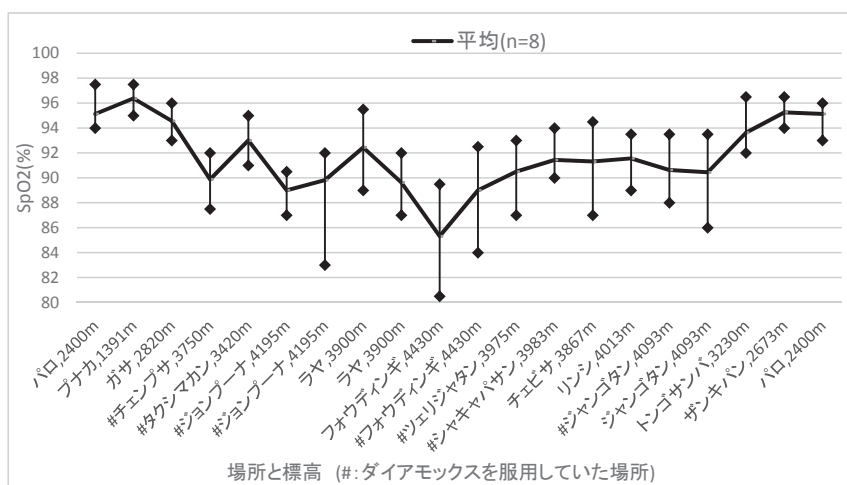


図3 トレッキング中の SpO₂

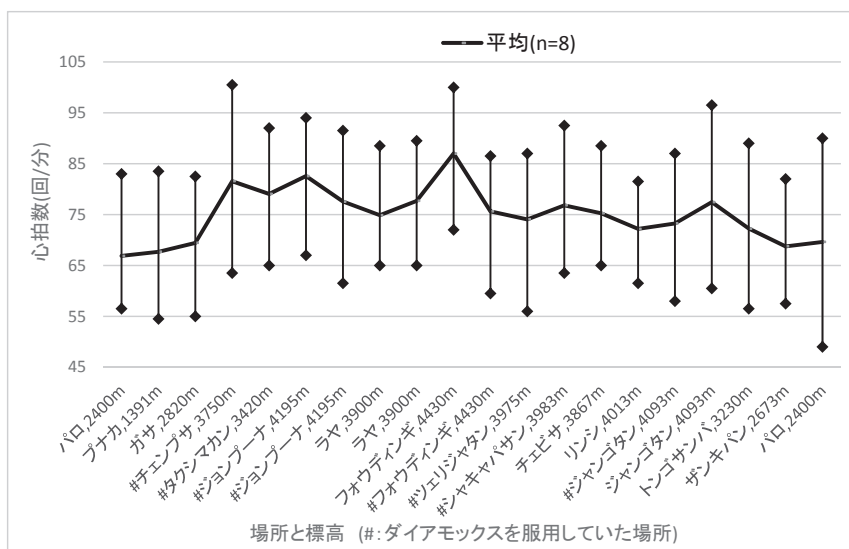


図4 トレッキング中の心拍数

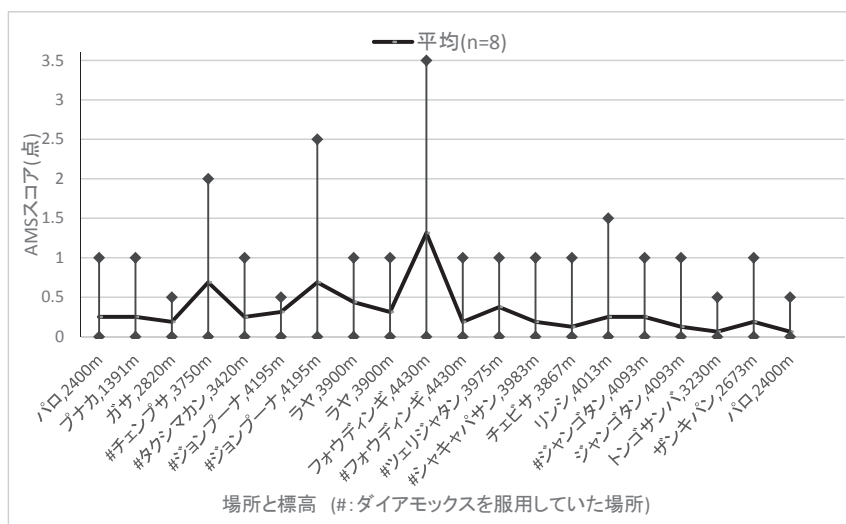


図5 トレッキング中のAMSスコア

データは場所ごと、キャンプ地の移動順にプロットしたが、各値はその場所に到着した日の夕方と翌朝の値との平均である。またジャンゴタンやラヤなど同一場所が複数連続しているもの

は、そこで2日連続で泊まったことを意味している。これらの間の日中は高所順応のため半日ほど活動（300m程度の登高や軽い運動）し残りは休息に充てた。

Ⅳ. 考察

予備調査及び本調査のすべての項目において、登高に伴った指標の変化が見られたが、 SpO_2 の低下、心拍数の増加は登高に伴って生じた低酸素環境への反応と考えられる^{2,3)}。また、AMSスコアの増悪は高所の低酸素環境によるAMSの発症・進行を示している。

1. トレッキングと富士山での同標高比較

富士山でのデータと対応可能な5人について以下検討してゆく。一例として標高のもっとも近い区間を取り上げ、以下の表1と表2にデータを示した。富士山の標高2680m地点から3600m地点への登高では、 SpO_2 の平均値は93%から87.2%へ減少し、AMSスコアの平均値は2.2から2.8に増加した。一方、ガサ（2820m）からチェンプサ（3750m）に移動した区間（トレッキング初日の全行程）を見ると、 SpO_2 の平均値は94.6%から89.9%へ減少し、AMSスコアの平均値は0.2から0.6に増加した。ただし、富士山とトレッキングで計測状況に違い（運動後からの安静時間の差など）があることは指摘しておく。

富士山の2680m地点とガサ、富士山の3600mとチェンプサをそれぞれ同じ標高とみなして対応のある片側t検定を行ったとき、 SpO_2 とAMSスコアの平均値にはともに統計的に有意な差があっ

た ($p<0.05$)。つまり、トレッキング中は富士山の同標高地点と比べて高所順応がより順調であったと考えられる。

この原因としてトレッキング直近の高所経験が影響していると考ええる。この被験者5名らは8月上旬に富士登山、8月下旬には5日間の南アルプス縦走（北岳、間ノ岳、農鳥岳、塩見岳、赤石岳など）を行っており、標高3000m程度までの高所順応はおおかた獲得していたと思われる。さらなる原因として、登高速度の差とそれに伴う1日の獲得標高の差が考えられる。富士山ではこの標高差920mの区間を約3時間で登っており、この日全体でも標高差約1300m（標高2305mから標高3600m）を5時間弱、つまり平均260（m/時）強で登っていた。一方トレッキングではこの日の獲得標高1080m（途中で標高3900mの峠を通過した）を約6時間、つまり平均163（m/時）で登った。この登高速度の差が運動強度の差を生み、高所順応の獲得にさらに違いをもたらしたと考えられる。なお、トレッキング全体を通してこの日が最も獲得標高が大きかった日で全員がダイアモックス錠を服用していたこと、全般的にトレッキング中は標高が高くなるにつれ登高速度が遅くなるよう歩行を調整していたことを付記しておく。

しかしながら、富士山の登高前後の差をトレッ

表1 SpO_2 (%) の比較

		A	B	C	D	E	平均 (n=5)
富士山	2680m	93	93	93	92	94	93
	3600m	87	91	87	86	85	87.2
ブータン	2820m	96	93	95	94.5	94.5	94.6
	3750m	89.5	89.5	90.5	91	89	89.9

表2 AMSスコアの比較

		A	B	C	D	E	平均 (n=5)
富士山	2680m	4	0	1	3	3	2.2
	3600m	4	1	3	3	3	2.8
ブータン	2820m	0.5	0	0.5	0	0	0.2
	3750m	2	0	0	0	1	0.6

キングでの登高前後の差について対応付のある片側 t 検定をおこなったところ、統計的に有意な差は見られなかった。本調査は被験者が少なく、かつ SpO_2 と AMS スコアについては標高に対する線形関係を仮定する蓋然性もないため、「登高に伴う変化」については比較検討しない。

2. トレッキング中の AMS スコア最大時の考察

次に、トレッキング中 AMS スコアが最も高値を示した時期に関するデータを検討する。トレッキング中、すべての指標について一致してもっとも AMS スコアの高値を示していた標高 4430m のフォウディンギ (1 日目) では SpO_2 の平均 ($n=8$) が 85.3%、心拍数の平均が 87.0 回/分、AMS スコアの平均が 1.3 であった。この日の獲得標高は 530m であったが、行動終了場所のキャンプ地がこの日経験した最高所であった (AMS 対策における "Climb High & Sleep Low" の原則に反する) とともにその日までに到達した最高所 (3 日前に訪れたマサコン峰周辺) と同じ標高であったこと、

雨が降って体感気温が下がったこと、想定外の約 8 時間にわたる長時間行動と登高で疲労していたこと、ダイアモックスを服用していなかったことが AMS スコア高値の原因として考えられる。実際、キャンプ地到着後 5 分間安静にして SpO_2 と心拍数を計測したところ、前者の平均は 81.4% で後者の平均は 102 回/分であったことから、行動中はより強い負荷がかかった状態であったことが推測される。このとき最も SpO_2 が低かつ AMS スコアが高かった者 A については SpO_2 が 70%、心拍数は 93 回/分、AMS スコアは 5 であった (内訳は「頭痛」が「中程度」の 2、「消化器症状」が「食欲がなく、少々吐き気あり」の 1、「疲労、脱力」が「少し感じる」の 1、「めまい/ふらつき」が「少し感じる」の 1 だった)。これらは、 SpO_2 と AMS スコア両方について、トレッキングで計測した全員のデータ中で最も悪い値だった。その他、A は耐え難いほど強い眠気を感じていた。

この日は夕食前の間食後、17 時ごろ全員がダイアモックスを服用した。翌朝の計測では A の

資料 日本登山医学会による「高度順化チェックシート」

高度順化チェックシート		氏名	年齢		男・女		旅行先		最高到達点		
〇記入方法		月/日	例	朝	夕	朝	夕	朝	夕	朝	夕
毎日朝夕自分の症状について数値の記入や丸をつけて下さい。(睡眠障害については翌朝記入)		場所	ナムチェ								
		滞在標高	3400								
●生理指標		血中酸素濃度 (SpO_2 %)	85								
		測った場合	脈拍数 (HR)	68							
			血圧 (mmHg)	135/97							
●その他体調		排便回数	3								
		下痢の有無	なし								
		薬・特記事項	ダイアモックス 半錠 寝薬								
●AMSスコア											
頭痛	まったくなし	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	軽い	①	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	中程度	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
消化器症状	まったくなし	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	食欲がなく、少々吐き気あり	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	かなりの吐き気、または嘔吐あり	②	2	2	2	2	2	2	2	2	2
疲労、脱力	まったくなし	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少し感じる	①	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	かなり感じる	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
めまい ふらつき	まったくなし	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	少し感じる	①	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	かなり感じる	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
睡眠障害	快眠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	いつものようには眠れなかった	①	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	何度も目が覚めほとんど眠れなかった	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
AMSスコアの合計		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

SpO₂は86%、心拍数は70回/分、AMSスコアは2（「頭痛」が「軽い」の1、「疲労、脱力」が「少し感じる」の1）であって、数値も自覚症状も大幅に改善していた。朝の段階でAにはその他AMSの症状と思われる自覚症状はなかった。

増山によるエベレスト街道での日本人トレkkerについてのSpO₂の調査（n=232、17～22歳）によれば、標高4400mではSpO₂は81.7±5.4%（mean±σ）という結果が出ている³⁾。これと比較したとき、フォウディング到着5分後のAの値はm±2σを下回っておりきわめて悪い状態であったが、翌朝にはmean±σの範囲かつ平均値以上にまで回復していた。またその他の者はすべてmean±σの範囲にあった。つまり、トレッキング中で最も全員のAMSが悪化していたフォウディングにあっても、他のトレkkerと比較した時には同じ程度の高所順応を獲得していたといえる。

これから、1. トレッキングと富士山での同標高比較と同様に、トレッキングでは順調に高度順応を獲得していたと結論付けられる。

V. まとめ

被験者らのSpO₂、心拍数、AMSスコアは登高するにつれてそれぞれ低下、増加、増加した。トレッキング中かれらのほとんどが初めて経験する高度に達したが順調に高度順応を獲得し、AMSを軽症に抑えることができた。また、1か月前の富士登山における同標高地点と比較して各指標は有意に優れていた。この原因として、トレッキング開始一か月以内での高所経験、登高速度の調整、1日の獲得標高の抑制、ダイアモックスの服用が考えられる。また、事前の高所順応に関する学習が有効であったと考える。

謝辞

本トレッキングと調査は京都大学ブータン友好プログラムの支援により行われた。貴重な経験を与えていただいた京都大学ブータン友好プログラム世話役の松沢哲郎教授、松林公蔵教授、幸島司郎教授の三氏のご支援とご指導に深く感謝します。

注

注1) OX-0001（山形カシオ株式会社）とPMR7165（ユビックス株式会社）を用いた。

文献

- 1) 日本登山医学会. 急性高山病とは. 参照先 <http://www.jsmed.org/info/pg51.html>
- 2) 関 和俊ほか. 富士山登山における心拍数、SpO₂および自覚症状スコアの変化. 川崎医療福祉学会誌 17, 113-119, 2007
- 3) 日本登山医学会. Ⅲ登山中に発病し得る疾患、Ⅷヒマラヤ高所医学（登山の医学ハンドブック）. 杏林書院. 103-107, 183-228. 2000.

Summary

SpO₂ Levels, Heart Rate and AMS Scores of Japanese Trekkers in the High Altitude in the Kingdom of Bhutan

Ko Yamashita

Kyoto University, Faculty of Integrated Human Studies

The levels of acute mountain sickness (AMS) and the high altitude acclimatization can be assessed by SpO₂, heart rate and AMS scores. In this research, I recorded these data of 8 male people (age 18 to 30) who did a trekking in the Kingdom of Bhutan in September 2015. I recorded the data twice a day, for 20 days. This trekking was carried out during 16 days at altitudes of 2000m~5000m above sea-level. In the result, the scores changed with the ascent and high altitude acclimatization were observed. And the high altitude acclimatization was slightly better comparing to the 2 days climbing at Mt. Fuji (3776m) in Japan in Aug 2015, so AMS was also better in the trekking (5 people went both trekking and Mt. Fuji). The worst score of the AMS score was 5 points in the trekking and 11 points at Mt. Fuji (both points were the same examinee's record). The trekking strategy, previous study on high altitude medicine, actual trekking tactics of the ascent speed, the gained altitude per day and taking Diamox were inferred as the reasons of good acclimatization in the high altitude trekking.