

登山GPSログデータの分析

～富士山と比良山地・武奈ヶ岳の登山行動の比較～

本多 郁 (Kaoru Honda)

京都大学大学院 情報学研究科 社会情報学専攻

畠山研究室修士1年

1. はじめに

私は登山・トレッキングを趣味としており、関西圏の低山を中心に、年に数回ほど滋賀県・比良山系へでかけ、山歩きを楽しんでいます。またGPSログデータが取得できる登山用iOSアプリ「SkyWalking」を開発・公開しており、このアプリを使ったGPSロギングに以前から慣れ親しんでいます。

今年の8月29日と30日、人生で初となる富士登山にチャレンジする機会を得た。しかしながら標高3700mを超える富士登山は、私がこれまで慣れ親しんでいた標高1200m前後の登山とはまったく異なった環境であり、慣れない高所での登山行動の影響もあって、想像以上に体力を消耗した。その結果、富士登山は、山頂に到達できたものの、高山病の危険を感じた反省点の多い登山となってしまった。

今回の富士登山では何が起っていたのか。私は普段行っている比良山系での登山の中から、最近の比良山系・武奈ヶ岳登山で取得したGPSログデータを選び、富士登山で取得したGPSログデータとの比較を行った。GPSログデータから得られた水平移動距離、垂直移動距離、所要時間、平均速度、標高といった指標を分析し、それらの結果と実際に富士登山で私が経験したことと照らし合わせながら、何がどのように違っていたのかについて両者を比較し、今後の登山の安全に役立つ知見を得ることを本研究レポートの目的とした。

2. 方法

2.1. GPSログの取得方法

今回のGPSログ取得に使用したのは、ハードウェアは「iPhone 7」、ソフトウェア（アプリ）は私自身

が登山者向けアプリとして開発・公開しているオフラインマップ対応GPSロギングiOSアプリ「SkyWalking *1」である。私はこれまでの登山で、この組み合わせを使用して、多くの登山GPSログデータを取得し、SNSで公開するなど、登山活動に活用してきた。登山行動の分析としては十分な精度のGPSログデータの取得に成功してきた実績がある。本アプリは、App Storeで公開されており、ダウンロード可能である。詳細は参考資料に挙げている「SkyWalkingオフィシャルサイト *2」を参照してほしい（利用可能なのはiOSのみ。Androidスマートフォンには対応していない）。

2.2. 登山の概要

2.2.1. 登山の基本データ

今回比較する登山の基本データを【表1】【表2】に示す。

富士登山 基本データ	
出発日時	2018年08月29日 20:09
下山日時	2018年08月30日 13:36
合計時間	62811秒（約17時間27分）
出発地点	須走口五合目（標高1968m）
下山地点	須走口五合目（標高1967m）
最高地点	富士山山頂・久須志神社（標高3729m）
水平移動距離	13087m
累積上昇高度	1838m
累積下降高度	-1839m
天候	晴れ・曇り 山頂付近は強風
GPSログ取得ポイント数	1270点
位置情報の取得間隔の設定	10m
ハードウェア	iPhone 7
GPSログ取得アプリ	SkyWalking

表1 富士登山 基本データ

*1 登山用GPSロギングiOSアプリ・SkyWalking

*2 SkyWalkingオフィシャルサイト: <http://deepkick.com/skywalking/>

比良山系・武奈ヶ岳登山 基本データ	
出発日時	2018年11月11日 07:37
下山日時	2018年11月11日 16:26
合計時間	31735秒（約8時間49分）
出発地点	出発地点：イン谷口（標高231m）
下山地点	下山地点：イン谷口（標高250m）
最高地点	武奈ヶ岳山頂（標高1214m）
水平移動距離	14512m
累積上昇高度	1669m
累積下降高度	-1650m
天候	晴れ
GPSログ取得ポイント数	1380点
位置情報の取得間隔の設定	10m
ハードウェア	iPhone 7
GPSログ取得アプリ	SkyWalking

表2 比良山系・武奈ヶ岳登山 基本データ

2.2.2. 富士登山の概要

富士登山で取得したGPSログをカシミール3Dでマップにプロットしたものを【図1】に示す。出発地点は、比良山地の東側（琵琶湖側）に位置するイン谷口である。

利用した登山ルートは、イン谷口を出発し、堂満岳・東稜ルートと地元では呼ばれる登山ルートを登り、最初のピークとなる

【写真1】は、富士山登山中に撮影した写真である。天候は概ね快晴、富士山山頂の気圧は約650hPaであ

るため、菓子が密封されている袋は、膨れ上がりパンパンになっている。眼下に雲を見下ろす風景は、高山ならではの迫力があった。標高3700m以上の富士山山頂付近は、体感的に風速5~10m前後の強風が吹いていた。

2.2.3. 比良山系・武奈ヶ岳登山の概要

一方の比良山系・武奈ヶ岳登山で取得したGPSログを、同じくカシミール3Dでマップにプロットしたもの【図2】に示す。出発地点は、比良山地の東側（琵琶湖側）に位置するイン谷口である。利用した登山ルートは、イン谷口を出発し、堂満岳・東稜ルートと地元では呼ばれる登山ルートを登り、最初のピークとなる



写真1 富士山登山中に撮影*3

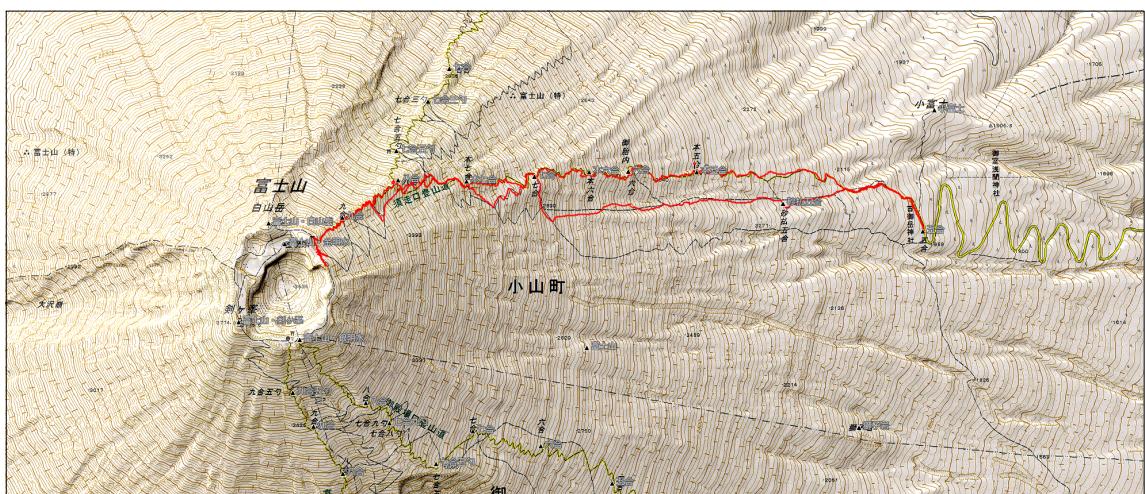


図1 富士登山のGPSログ（赤い線で表示）をマップ上にプロット

堂満岳山頂（標高1057m）に到る。そこから下り、金糞峠を経由してコヤマノ岳（標高1181m）のピークに到る。そして比良山系最高峰の武奈ヶ岳山頂（標高1214m）へ到るルートである。武奈ヶ岳山頂から西南稜ルートを歩き、再び金糞峠を経由し、青ガレ・正面谷ルートを下って、出発地点のイン谷口まで下山するコースである。比良山系でもよく利用されるオーソドックスな登山ルートだ。

【写真2】は比良山系・武奈ヶ岳登山中に撮影した写真である。天候は快晴、風も全般的に穏やかで登山日和であった。

なお私の登山経験であるが、比良山系をホームグラウンドとしており、武奈ヶ岳はこれまでに積雪期・無積雪期合わせて15回以上山頂に立った経験がある。一方で富士山登山は、今回が初めての経験であった。

2.2.4. 登山時の天候データ

気象庁発表の登山時の気象データを【図3】および【図4】に示す。登山中に該当する時間帯は、赤い線で囲んである。富士山山頂の風速データについては、気象庁のデータに含まれていなかったため、不明である。比良山系の気象データについては、山頂付近のものがなかったため、参考までに比良山系に近い滋賀県・南小松の気象データであることに留意する必要がある

富士山の気温について見ていくと、8月30日 午前8時に、2.0度まで下がっている。実際、行動時間中は



写真2 比良山系・武奈ヶ岳登山中に撮影*4

寒さは気にならなかったが、休憩など非行動時間中は、氷点下のように寒く感じ、強風が吹きつけるときもあり、一気に体温を奪われそうになったため、雨風を防ぐ登山用レインウェアを着込んで対応することもあった。

一方の武奈ヶ岳は11月の登山であった。南小松の気温は麓のデータのため、山中における登山行動中の正確な気温は分からぬが、登山行動全体を通して寒さを感じることはなく、山中は紅葉の季節を迎えており、山歩きにはほどよい気候であった。

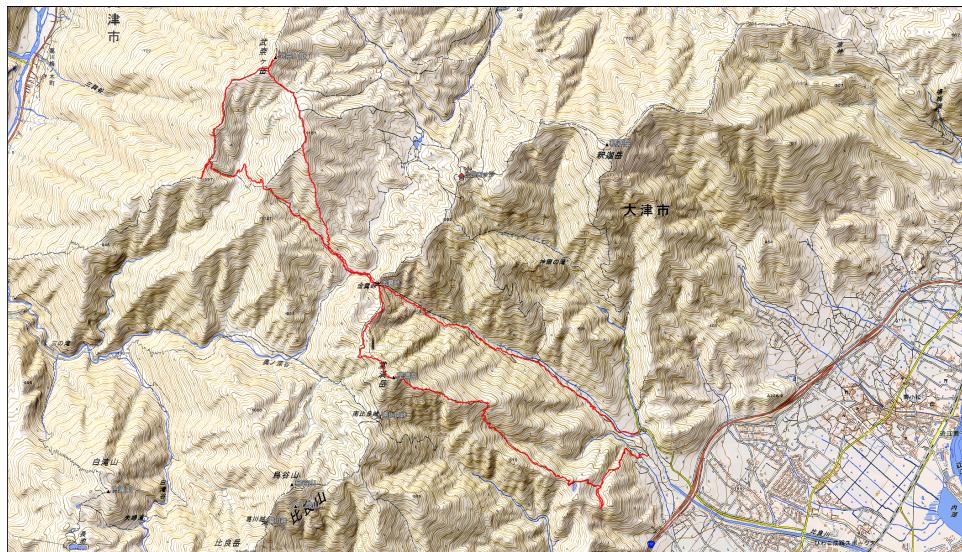


図2 比良山系・武奈ヶ岳登山のGPSログ（赤い線で表示）をマップ上にプロット

富士山 2018年8月29日 (1時間ごとの値)										
時	気圧(hPa)		降水量 (mm)	気温 (°C)	露点 (°C)	蒸気圧 (hPa)	湿度 (%)	風向・風速(m/s)		日照 時間 (h)
	現地	海面						風速	風向	
1	650.5		4.9	4.9	8.7	100				
2	650.2		5.6	5.6	9.1	100				
3	650.5		5.1	5.1	8.8	100				
4	650.2		5.9	5.9	9.3	100				
5	650.2		4.6	4.6	8.5	100				
6	650.6		4.1	4.1	8.2	100			0.2	
7	650.5		4.7	4.7	8.5	100			0.0	
8	650.8		4.7	4.6	8.5	99			0.5	
9	651.1		5.2	5.2	8.8	100			0.9	
10	651.1		4.9	4.8	8.6	99			1.0	
11	651.1		5.3	5.2	8.8	99			1.0	
12	650.9		5.0	5.0	8.7	100			1.0	
13	650.9		5.6	5.6	9.1	100			0.9	
14	650.7		5.1	5.0	8.7	99			0.9	
15	650.5		5.7	5.6	9.1	99			0.9	
16	650.5		5.4	5.3	8.9	99			0.9	
17	650.4		5.5	5.5	9.0	100			1.0	
18	650.6		4.0	3.9	8.1	99			0.4	
19	651.1		3.7	3.6	7.9	99			0.0	
20	651.4		3.5	3.1	7.6	97				
21	651.5		3.7	0.8	6.5	81				
22	651.4		3.9	-0.7	5.8	72				
23	651.3		3.6	1.6	6.9	87				
24	651.0		3.7	2.1	7.1	89				

富士山 2018年8月30日 (1時間ごとの値)										
時	気圧(hPa)		降水量 (mm)	気温 (°C)	露点 (°C)	蒸気圧 (hPa)	湿度 (%)	風向・風速(m/s)		日照 時間 (h)
	現地	海面						風速	風向	
1	650.8			3.0	2.4	7.3	96			
2	650.9			3.3	2.6	7.4	95			
3	650.8			3.2	3.1	7.6	99			
4	650.9			2.7	2.6	7.3	99			
5	650.6			3.1	3.1	7.6	100			
6	650.9			3.3	3.3	7.7	100			0.0
7	650.7			2.7	2.7	7.4	100			0.1
8	650.6			2.0	1.9	7.0	99			1.0
9	650.9			3.4	1.0	6.5	84			1.0
10	651.0			4.4	3.1	7.6	91			1.0
11	650.7			5.5	0.1	6.1	68			1.0
12	650.9			6.8	-1.6	5.4	55			1.0
13	651.2			8.8	-1.6	5.4	48			1.0
14	650.9			8.9	-5.0	4.2	37			1.0
15	650.4			8.7	-3.2	4.8	43			1.0
16	650.2			7.2	-2.0	5.3	52			1.0
17	650.2			6.2	-3.7	4.6	49			0.4
18	650.2			5.2	3.7	8.0	90			0.2
19	650.6			4.6	4.6	8.5	100			0.1
20	650.8			4.3	4.2	8.2	99			
21	651.2			4.6	4.6	8.5	100			
22	651.0			4.5	4.4	8.3	99			
23	650.9			4.7	4.7	8.5	100			
24	650.4			4.4	4.4	8.4	100			

図3 富士登山時の富士山頂の気象データ（気象庁）

南小松 2018年11月11日 (1時間ごとの値)										
時	降水量 (mm)	気温 (°C)	風速・風向(m/s)		日照 時間 (h)	雪(cm)		降雪	積雪	
			風速	風向		降雪	積雪			
1	0.0	12.3	1.0	北北西		///	///			
2	0.0	13.2	1.3	西		///	///			
3	0.0	12.0	1.1	北西		///	///			
4	0.0	11.7	1.2	北北西		///	///			
5	0.0	11.2	1.5	西		///	///			
6	0.0	10.2	1.3	西北西		///	///			
7	0.0	9.6	0.7	西	0.1	///	///			
8	0.0	12.2	0.5	南	1.0	///	///			
9	0.0	13.9	2.0	南南東	1.0	///	///			
10	0.0	14.6	1.7	南東	1.0	///	///			
11	0.0	15.5	1.9	南	1.0	///	///			
12	0.0	16.7	1.7	南東	1.0	///	///			
13	0.0	17.5	1.6	南南東	1.0	///	///			
14	0.0	17.9	1.3	南東	1.0	///	///			
15	0.0	17.8	1.4	南東	1.0	///	///			
16	0.0	17.2	0.6	東	1.0	///	///			
17	0.0	14.9	0.5	北西	0.0	///	///			
18	0.0	13.3	0.0	静穏		///	///			
19	0.0	12.4	0.0	静穏		///	///			
20	0.0	12.0	0.5	西		///	///			
21	0.0	11.0	0.5	西		///	///			
22	0.0	11.5	0.6	西		///	///			
23	0.0	11.7	0.1	静穏		///	///			
24	0.0	12.3	0.0	静穏		///	///			

図4 武奈ヶ岳登山時の滋賀県・南小松の気象データ（気象庁）

2.2.5. GPSの精度と標高データの補正

SkyWalkingでは、GPSログ取得設定の「GPSの精度」から、4つの精度を選択することができる。精度が高いほど正確な位置情報を取得できるが、バッテリー消費に影響を与える。GPSログ取得設定の「位置情報の取得間隔」では、新たに位置情報を記録するまでの移動距離を2m~50mの範囲で設定することができる。

今回のGPSログ取得では、最高精度を選択し、取得間隔は10mに設定して、GPSログデータを取得した。

今回の分析に使用したGPSログデータの精度について説明する。アプリの設定で、「位置情報の取得間隔」を10mにしたので、ほぼ10mの移動ごとにポイントが記録されている。GPSログを地図にプロットすると、緯度経度については高い精度のデータが得られていることを確認することができた。しかし各ポイントの標高データについては、通常時より精度が低い傾向が見られた。原因についてはよく分からぬ。そこでカシミール3Dを使用し、国土地理院が提供している「基盤地図情報（数値標高モデル）」を使って、GPSログの標高データを数値標高モデルの標高データを取り入れる補正処理を行った。

2.2.6. 勾配率について

GPSログの各ポイント間の勾配の程度を表す指標として、勾配率を使用している。ここでいう勾配率とは、例えばA地点からB地点への移動に、水平方向に10m移動し、垂直方向に10m上昇した場合、勾配率は以下の計算式でもとめられる。この場合、勾配率は100%である。下降した場合、勾配率は負の値となる。

$$\text{勾配率 (\%)} = \frac{\text{垂直方向の移動距離 (m)}}{\text{水平方向の移動距離 (m)}} * 100$$

今回取得したGPSログデータは、「位置情報の取得

間隔」を10mに設定しており、ほぼその水平移動距離ごとにポイントが記録されている。しかし高度の情報は、整数値に丸められたため（例えば実際には標高が1000.45mであっても、1000mもしくは1001mのいずれか整数値として扱われ、小数点以下の数値情報は失われる）、水平方向の移動距離ほど精度が高くない。その影響のため、今回取得したGPSログデータを使って勾配率をもとみると、勾配率は10の倍数付近に集中する傾向が見られた。したがって厳密な意味において勾配率は誤差が含まれていることが考えられるが、本研究で目的としている登山行動の比較に対しては、その誤差の影響を無視しても差し支えのないおおよその登山ルート上の勾配の程度を表しているものとみなしうることとした。この標高と位置情報の精度の違いからくる問題については、今後検討が必要であると考えられる。

3. 結果

2つの登山で得られたGPSログデータを以下に示す指標ごとに分析し、比較を行った。

3.1. 水平移動距離と相対高度の比較

横軸に水平移動距離を取り、縦軸に相対高度を取ったグラフを作成したものが【図5】である。ここでいう相対高度とは、出発地点の標高を基準とし、そこからの高度差を表したものである。例えば今回の富士登山の場合、出発地点が標高1968m地点であり、今回の最高到達地点が標高3729mなので、その相対高度差は最大で1761mとなる。一方の比良山地・武奈ヶ岳の場合は、出発地点が標高231m地点で、今回の最

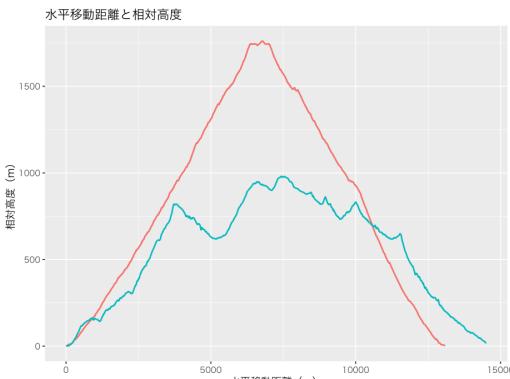


図5 水平移動距離と相対高度の比較

高到達地点が標高1214mなので、その相対高度差は最大で983mとなる。

水平移動距離に注目すると、【表1】と【表2】で示したように、富士山が13.087km、武奈ヶ岳が14.512kmとなっており、水平移動距離については富士山と比良山系の登山行動に顕著な差は見られない。一方の相対高度については、富士山の須走ルートが富士山山頂の1761mまで直線的に上昇した後、再び直線的に下降していくピラミッド型のグラフになるのに対し、比良山系のグラフは最初のピークとなる堂満岳山頂まで急な登りを約800m上昇した後、相対高度600m～1000mの範囲を中心にアップダウンを繰り返す登山ルートであることが分かる。

このグラフから、富士山の場合、長くて急な傾斜の登りが山頂まで延々と続くため、体力の消耗が激しい登りルートであることが分かる。比良山系も楽なコースではないが、富士山と比較すれば、体力の消耗がない登山コースであるといえる。

3.2. 経過時間と相対高度の比較

登山行動全体の経過時間に注目し、横軸に経過時間、縦軸に相対高度を取ったグラフが、【図6】である。登山開始から下山までの所要時間を比較すると、富士山は62811秒（約17時間27分）、比良山系は31735秒（約8時間49分）となり。およそ2倍の差があることが分かった。比良山系と比べて富士山の場合、行動していない休憩時間帯がそれなりに長く存在するが、登山開始から下山まで圧倒的に長い時間を要する登山であることが一目瞭然であり、簡単に下山することができない長大なルートであることが分かる。

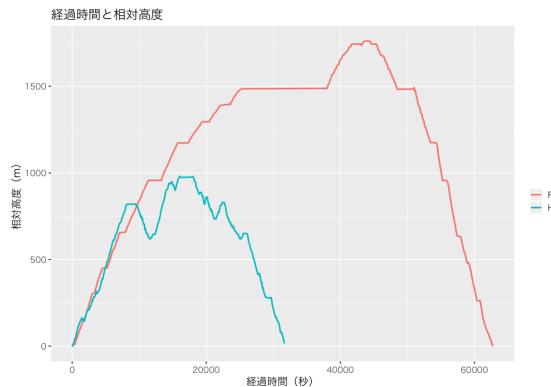


図6 経過時間と相対高度の比較

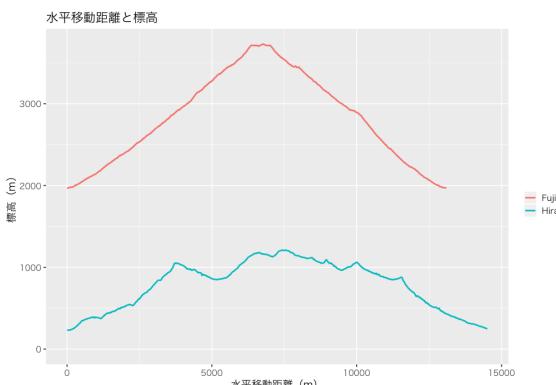


図7 水平移動距離と標高の比較

3.3. 水平移動距離と標高の比較

標高の違いに注目し、横軸に水平移動距離、縦軸に絶対的な標高を取ったグラフが、【図7】である。もつとも登山ルートの標高と地形の差異が表されているグラフと考えられるが、このグラフからは、そもそも出発地点の標高がどれほど違うのかが分かる。比良山系は、1000m～1200m級の山々であり、日本一の標高を誇る富士山は、私が登山を開始した五合目の出発地点で既に標高1968mあり、両者の標高差は歴然とする。頭でその標高差は理解しているつもりであっても、このように可視化してみると違いが明確に把握でき、興味深い。

3.4. 経過時間と標高の比較

横軸に経過時間、縦軸に標高を取ったグラフが、【図8】である。このグラフからは、富士山は標高、登山の所要時間、全体のスケールにおいて、比良山系の登

山と大きく異なる登山であることが把握できる。その過酷さゆえに、富士山登山は著しく体力を消耗し、多くの休憩（非行動時間）が必要となる。なお、富士登山の標高3450m付近のグラフ部分に水平方向に長い直線が見られるが、これは疲労回復のため、山小屋で3時間ほど休憩をしたからである。

3.5. 行動時間と非行動時間の割合の比較

登山開始から下山までの時間のうち、行動している時間と行動していない時間（非行動時間）について、どのような違いが見られるのかを可視化したものが、【図9】である。ここでいう非行動時間とは、10mの水平移動距離に180秒以上かかっている場合と定義した。富士山の非行動時間は、全体の経過時間のうち約47%を占めており、一方で比良山系のそれは、約17%である。自分の登山行動中において、どの程度非行動時間が存在していたのかについて、調べたことは初めてだったので、今後の登山計画を立てる上で、非常に有益な情報が得られた。

3.6. 水平移動距離と累積上昇高度・累積下降高度の比較

横軸に水平移動距離、縦軸に登りの累積高度を取ったグラフが、【図10】と【図11】である。「水平移動距離については、富士山と比良山系の登山行動にそれほど顕著な差は見られない」と指摘したが、上昇あるいは下降した垂直方向の累積距離についても、顕著な違いは見られない。したがって、水平移動距離と累積上昇高度・累積下降高度が似ている傾向を示しても、これらの指標からは、登山ルートの困難さが同程度であるかどうかの判断はできないといえる。

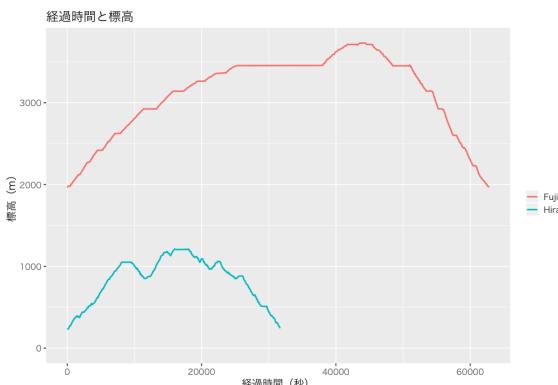


図8 経過時間と標高の比較

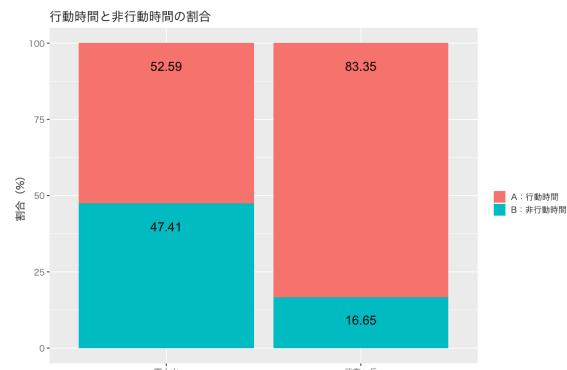


図9 行動時間と非行動時間の割合の比較

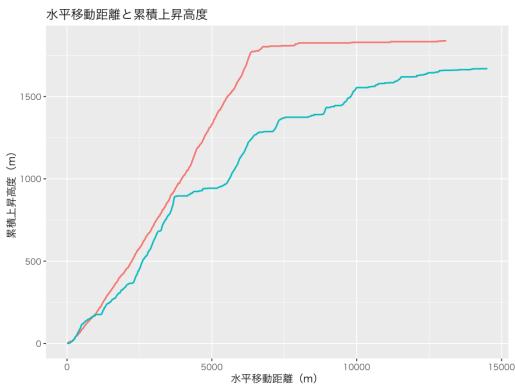


図10 水平移動距離と累積上昇高度の比較

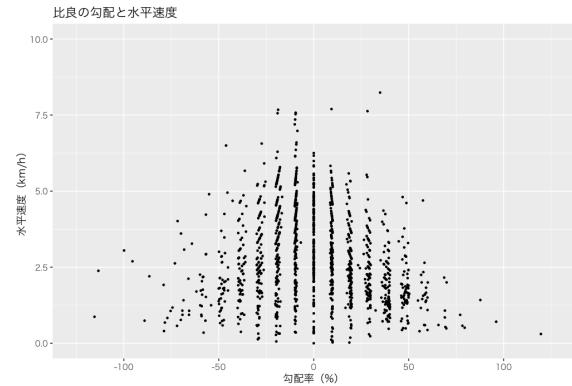


図13 比良山系・武奈ヶ岳の勾配率と水平速度

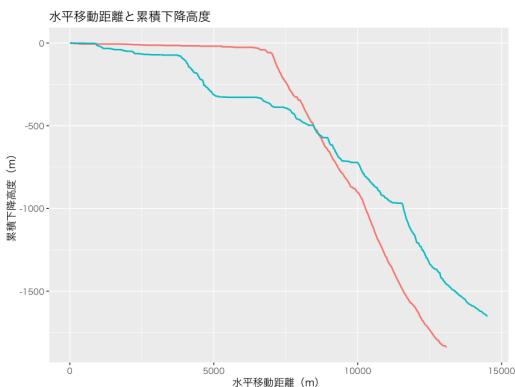


図11 水平移動距離と累積下降高度の比較

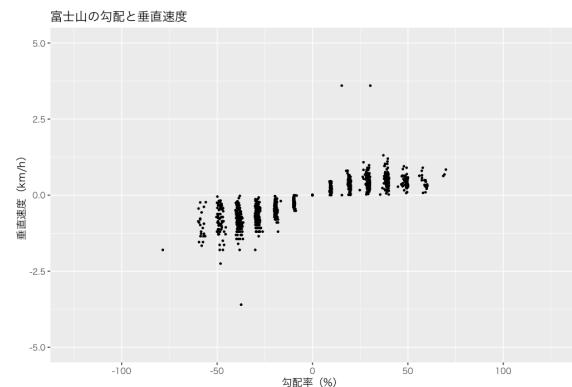


図14 富士山の勾配率と垂直速度

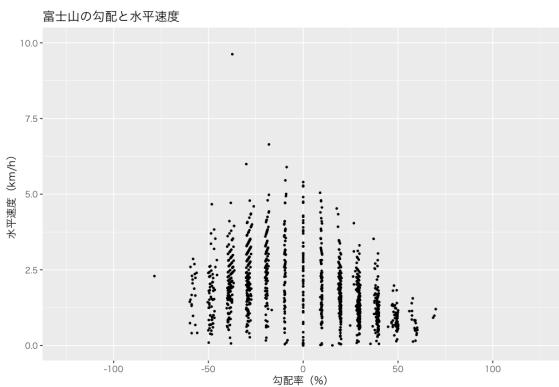


図12 富士山の勾配率と水平速度

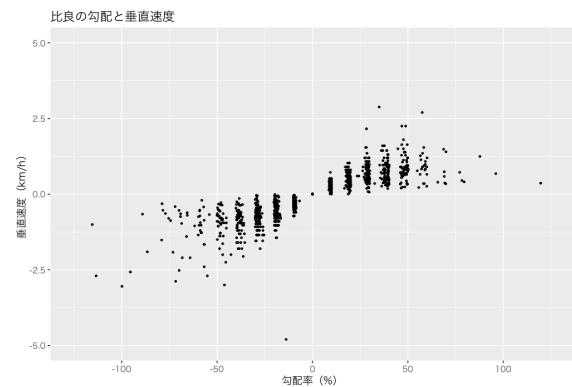


図15 比良山系・武奈ヶ岳の勾配率と垂直速度

3.7. 勾配率と水平速度の比較

GPSログから各ポイント間の勾配の程度を表す勾配率をもとめ、横軸に勾配率、縦軸に水平速度をプロットしたのが【図12】と【図13】である。勾配率0%は平坦を表し、横軸の左にあるほど急な下りの勾配、右にあるほど急な登りの勾配を表している。勾配率の計算式については「2.2.6. 勾配率について」で説明しているので、そちらを参照してほしい。

富士山と比良山系の勾配率と水平速度の散らばりを比較すると、富士山の勾配率20~50%の範囲のデータが、水平速度0.5~2km/h付近に集中する傾向が明確に見られるのに対し、比良は全体的に水平速度が散らばっており、水平移動速度が富士山より速い傾向にあることが分かる。

3.8. 勾配率と垂直速度の比較

横軸に勾配率、縦軸に垂直速度をプロットしたのが【図14】と【図15】である。垂直速度についても、水平速度と同じく富士山より比良の方が、勾配の登り、下りとともにデータが散らばる傾向にあり、比良の方が垂直方向の移動速度が速い傾向にあることが分かる。

3.9. 勾配率と平均水平速度の比較

横軸に10%ごとにグループ分けした勾配率と、縦軸に勾配率ごとの平均水平速度をプロットし、富士山と比良を比較したのが【図16】である。全体として比良の方が平均水平速度が上回っているが、特に勾配率が-10%~60%の範囲の平均水平速度については、顕著な差が見られる。

3.10. 勾配率と平均垂直速度の比較

横軸に10%ごとにグループ分けした勾配率と、縦軸に勾配率ごとの平均垂直速度をプロットし、富士山と比良を比較したのが【図17】である。平均水平速度と同様に全体として比良の方が平均垂直速度が上回っているが、特に勾配率が20%~60%の範囲の平均垂直速度については、より顕著な差が見られる。

3.11. 勾配率と経過時間の比較

ここまで勾配率と水平・垂直速度の関連について見てきたが、どの勾配での行動時間が多かったのかについて明らかにすることも有益な情報である。そこで、横軸に勾配率、縦軸に行動時間をプロットし、富士山

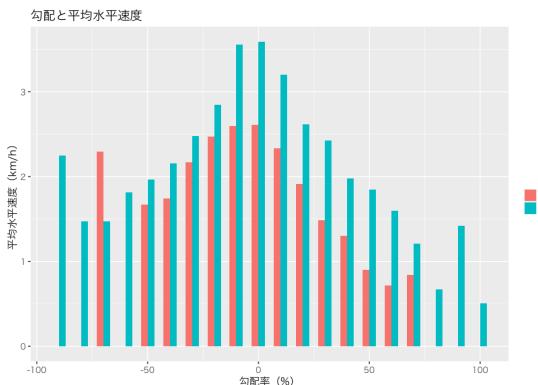


図16 勾配率と平均水平速度の比較

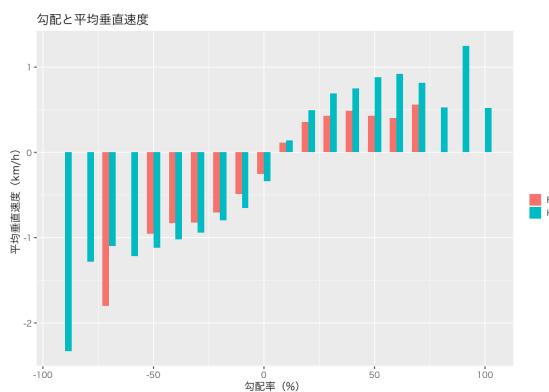


図17 勾配率と平均垂直速度の比較

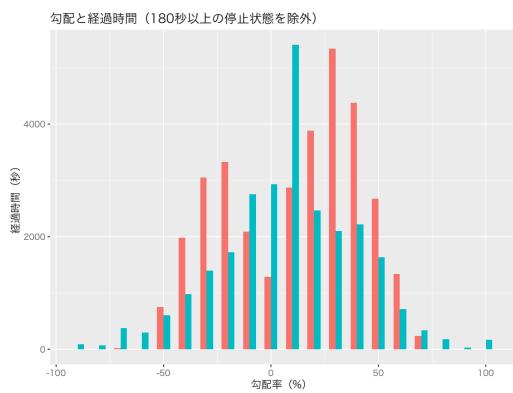


図18 勾配率と経過時間の比較

と比良を比較したのが【図18】である。ただし「3.5. 行動時間と非行動時間の割合の比較」で定義した非行動時間は除外し、行動時間にのみ焦点をあて、勾配率ごとに分類した。

顕著に差がみられるのは、勾配率0%付近の平坦と思われるエリアである。富士山での登山行動は、平坦な場所での行動時間が比良の1/2ほどであり、極めて少ない。また勾配率10%付近に注目すると、比良は非常に多くの行動時間がそこに集中していることが分かる。一方で富士山では、勾配率20~40%付近での急な勾配のルート上での行動時間が極めて多いことが分かる。この理由は、それぞれの登山ルートの特長が表れているためではないかと考えられる。つまり赤の棒グラフの突出している勾配率に注目すると、富士山は比良と比べて、勾配率20~40%と勾配率-40~-20%の登山ルート上での行動時間が長くなる傾向にあるといえる。

4. 考察

富士登山と比良山系・武奈ヶ岳の登山は何がどのように違うのかという疑問について、GPSログデータを使って分析を試みた。その結果、標高、急な勾配が続く地形、水平移動距離、経過時間、行動時間と非行動時間の割合、勾配率と速度などをグラフに可視化することで、多くの示唆を得ることができた。の中でも、私が特に重要だと考えたのは、「3.3. 水平移動距離と標高」と「3.4. 経過時間と標高の比較」である。その理由は、従来周知の事実として標高が登山行動に大きな影響力を持つといったことが言われてきたが、自分自身の富士山と比良山系・武奈ヶ岳の2つのGPSログデータの分析の結果、その事実がデータから可視化されたからである。

では、今回の結果を受けて、どうすればより安全で無理のない富士登山を行うことができるのだろうか。比良山系で富士登山に対する適応力を身につけることは可能なのだろうか。

この疑問に答えるには、残念なことに今回の分析からは、比良山系での登山が富士登山に対しても有効であることを明確に示すことができる根拠は見つけられなかった。しかし今後、比良山系の山々よりも標高の高い2000m級の山域で登山活動を行うことで、適応

力が身につけられるかどうか判断が可能なデータが得られるのではないかという期待も同時に生まれた。これについては今後の課題とし、さらに説得力のある登山GPSログデータ分析を試みていきたいと考える次第である。

謝 辞

最後に、今回の研究レポートを行うきっかけを与えてくださった生物圏情報学の先生の方々、また快くアドバイスをいただいた方々に感謝いたします。興味関心度の高いテーマで、楽しみながら本レポートを書き、また非常に勉強になりました。至らない点多々ありますが、今後ともご鞭撻のほどよろしくお願ひいたします。

参 考 文 献・資 料

- ・フィールド情報学入門：自然観察、社会参加、イノベーションのための情報学 / 京都大学フィールド情報学研究会編。-- 共立出版, 2009.
- ・地理空間データ分析 / 谷村晋著。-- 共立出版, 2010.
-- (Rで学ぶデータサイエンス / 金明哲編集 ; 7).
- ・登山活動のGPSログ解析
<http://yamakei.hatenadiary.jp/entry/2015/05/07/074113>
- ・登山用G P S ログ分析ツール
http://www.ne.jp/asahi/nature/kuro/HGPS/gps_log_analyze.htm
- ・急性高山病とは - 日本登山医学会
<http://www.jsmmmed.org/info/pg51.html>
- ・富士登山 - ヤマレコの個人ページ
<https://www.yamareco.com/modules/yamareco/detail-1572851.html>
- ・武奈ヶ岳登山 - ヤマレコの個人ページ
<https://www.yamareco.com/modules/yamareco/detail-1647671.html>
- ・オンラインマップ対応登山用GPSロギングiOSアプリ : SkyWalking オフィシャルサイト
<http://deepkick.com/skywalking/>

*³ 左上：標高3450m付近の斜面／右上：富士山山頂噴火口／左下：標高3450m付近。カロリーメイトの袋がパンに／右下：富士山山頂直下付近の溶岩

*⁴ 左上：JR比良駅付近。正面中央のピークが堂満岳／右上：堂満岳山頂／左下：コヤマノ岳山頂付近／右下：武奈ヶ岳山頂（標高1214m）