

到着時刻推定を用いたエスケープ判断支援登山アプリ

増田駿平[†] 北村泰彦[‡]

関西学院大学大学院理工学研究科[†]

関西学院大学理工学部[‡]

1. はじめに

近年、登山ブームにより登山者数が増加しており、幅広い年齢層の人が登山を楽しむようになった。一方で、2019年度の調査では山岳遭難の発生件数は、2500件以上を記録した[1]。

登山行動中、このままのペースでは計画された時刻までに目的地に到着できない、などの状況時に、どこに避難するかというエスケープ判断は重要である。この判断を行うためには、正確な到着時刻の推定が必要である。

街中では平坦な舗装された道が多いため、歩行速度と目的地までの残り距離から目的地の到着時刻を推定できるが、登山道は、岩場や急登により常にペースが変わるため、速度と距離による単純な計算では推定が難しい。そのための手法としては、ルート of 標準歩行時間が記載されている登山地図、勾配により歩行速度を求める Tobler's hiking function[2]、過去の登山者の歩行時間データによる回帰分析[3]などを利用することが考えられる。しかし、これらの方法では登山者の個人差を考慮した推定ができなかったり、事前に多くの歩行時間データが必要になってくる。

本研究では、登山者の歩行速度とルートの勾配から指数回帰分析を行い、個人差を考慮した到着時刻の推定を行うことでエスケープ判断を支援する登山アプリを開発する。

2. 到着時刻推定手法

2.1 Tobler's hiking function

Tobler's hiking function は、登山道の勾配を考慮して歩行速度を求める手法である[2]。勾配 S における歩行速度 W を求める式は、

$$W = 6e^{-3.5|S+0.05|}, \text{ where } S = \frac{\Delta \text{elevation}}{\Delta \text{distance}}$$

となる。ここで $\Delta \text{elevation}$ は標高差、 $\Delta \text{distance}$ は水平距離である。

ただし、Tobler's hiking function では、登山者一人一人の個人差を考慮していない。

2.2 過去の歩行時間データによる回帰分析

過去の登山者の歩行時間データを用い、回帰分析により求めた回帰式から目的地までの歩行時間を算出する手法である[3]。1つの目的変数 y を1つの説明変数 x で予測する単回帰分析を用いている。この2変数の関係は、

$$y = ax + b$$

となり、 x は現在地までの歩行時間であり、 y は目的地までの歩行時間である。[3]では六甲山系の芦屋川ルートを歩行した52人の歩行時間データをWebサイトから収集し回帰式を求めている。

この手法では、過去の歩行時間データが必要になり、データがないルートでは推定を行うことができない。

3. 勾配と歩行速度による指数回帰分析による到着時刻推定

本研究では、到着時刻推定手法として Tobler's hiking function に基づく指数回帰分析を用いる。登山中の歩行速度 y と勾配 x を取得し、

$$y = Ae^{B|x+C|}$$

への回帰式を導き、到着時刻推定を行う。

ルートを10mごとに分割し、緯度経度を電子国土Webへ入力することで各分割区間の勾配を求める。また、ルート上の出発地、経由地、目的地をあらかじめ決めておく。登山中の現在地における緯度、経度、移動距離、移動時間を歩行データとして取得する。このデータを元に移動距離と移動時間より歩行速度を算出し、出発地から経由地までの間で、勾配における歩行速度を指数回帰分析に用いることで回帰式を求める。そして、目的地までの10mごとに分割した勾配を回帰式に代入することで推定歩行時間を算出し、到着時刻を推定する。

4. 到着時刻推定に関する評価

評価コースは、阪急芦屋川駅から高座の滝、風吹岩を経由し、雨ヶ峠を目的地とする芦屋川ルートと、新神戸駅から市ヶ原、学校林道を経由し、摩耶山を目的地とする摩耶山ルートを用いる。被験者は1人とし、実験方法としては、出発地から経由地までの歩行データを元に、これから進む経由地と目的地までの歩行時間を推定する。比較手法として、エアリアマップに示された標準歩行時間、Tobler's hiking function[2]、歩行時間データによる回帰分

Mountaineering App with Escape Decisions Using Estimation of Arrival Time

[†]Shumpei Masuda, Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

[‡]Yasuhiko Kitamura, School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

析, による推定手法を用いる. それぞれの手法で推定歩行時間を算出し, 実際の歩行時間との誤差を求める.

歩行速度を y , 勾配を x とした時の, 各ルートで取得した歩行データを用いた指数回帰分析により求めた回帰式をそれぞれ示す.

① 芦屋川ルート

- 芦屋川駅から高座の滝までの歩行データ
 $y = 9.25e^{-4.28|x+0.05|} \dots (1)$
- 芦屋川駅から風吹岩までの歩行データ
 $y = 9.25e^{-5.2|x+0.05|} \dots (2)$

② 摩耶山ルート

- 新神戸駅から市ヶ原までの歩行データ
 $y = 11.87e^{-3.04|x+0.18|} \dots (3)$
- 新神戸駅から学校林道までの歩行データ
 $y = 11.87e^{-3.34|x+0.18|} \dots (4)$

各ルートの出発地を S , 経由地を順に A, B , 目的地を G とし, 実際にかかった歩行時間を t_{walk} , 式(1)(2)(3)(4)による推定値をそれぞれ $t_{(1)}, t_{(2)}, t_{(3)}, t_{(4)}$, 歩行時間による回帰分析の推定値を t_{reg} , Tobler's hiking functionによる推定値を t_{tobler} , エリアマップの歩行時間を t_{map} とした時の, 各ルートの推定結果を表1, 表2に示す. また各区間において最も誤差の小さい推定値を青色で示す.

芦屋川ルートにおいては $t_{(2)}$ による $B \rightarrow G$ (風吹岩→雨ヶ峠)間, 摩耶山ルートにおいては $t_{(3)}$ による $A \rightarrow B$ (市ヶ原→学校林道)間の推定が, 実際の歩行時間と比較して最も誤差の小さい手法となった. また芦屋川ルートにおける $t_{(1)}$ による $A \rightarrow B$ (高座の滝→風吹岩)間, 摩耶山ルートにおける $t_{(4)}$ による $B \rightarrow G$ (学校林道→摩耶山)間の推定も誤差はそれぞれ1.8, 1.9であり非常に小さい値となった.

表1: 芦屋川ルートによる推定結果[min]

	t_{walk}	$t_{(1)}$	$t_{(2)}$	t_{reg}	t_{tobler}	t_{map}
S→A	27.0					
A→B	39.0	40.8		40.1	46.0	50.0
B→G	48.0	35.5	47.8	47.1	43.7	60.0

表2: 摩耶山ルートによる推定結果[min]

	t_{walk}	$t_{(3)}$	$t_{(4)}$	t_{reg}	t_{tobler}	t_{map}
S→A	39.0					
A→B	36.0	36.1		47.7	83.1	65.0
B→G	33.0	26.8	31.1	32.8	45.7	60.0

5. エスケープ判断支援登山アプリ

推定した到着時刻と設定したデッドラインを比較することで, 登山者がこのまま進むべきかエスケープするべきかの判断を支援する. デッドラインとは, これ以降に登山行動をしてはいけない境界となる時刻であり, 登山者が入山前に設定する.

図2は推定到着時刻がデッドライン時刻を越えていない時のアプリ画面である. この場合は, デッド

ライン時刻を越えることなく目的地に到着可能と判断し, 経由地へ進むよう登山者を誘導する. 画面中央に「いいペースです, 市ヶ原(経由地名)へ進んでください」と提示し, 現在地からその地点までのルートを緑色で描画することで誘導を行う.

図3は推定到着時刻がデッドライン時刻を越えてしまった時のアプリ画面である. 推定到着時刻がデッドライン時刻を越えてしまった場合は, このままのペースでは目的地へ到着することができないと判断し, エスケープするよう登山者を誘導する. この時エスケープ地の選択は, 現在地から最も早く下山できる地点とする. 図2と同様に, 画面中央に「スタート地点へ引き返してください」もしくは「エスケープ地へエスケープしてください」と提示し登山者を誘導する.

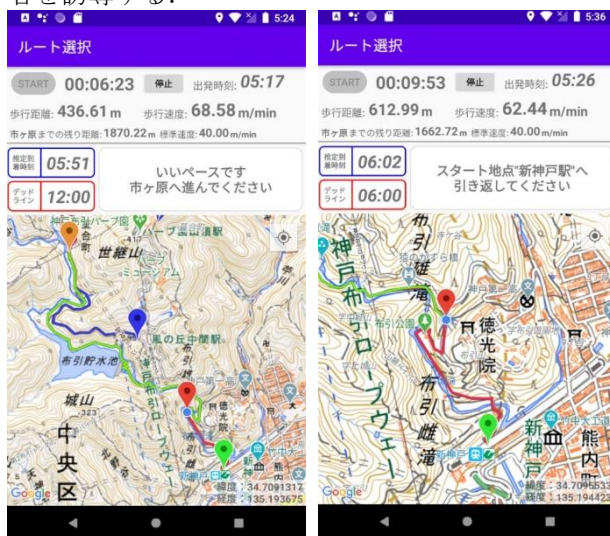


図2 通常時

図3 エスケープ誘導時

6. まとめ

本研究では, 過去の歩行時間データを必要とせずに, 登山中の歩行速度とルートの勾配から個人差を考慮した到着時刻の推定を行うことでエスケープ判断を支援する登山アプリを開発した.

また, 勾配と歩行速度による指数回帰分析は他の推定手法に比べ, 誤差の少ない手法であることが分かった. そのため, 登山における到着時刻推定手法として, 大きな誤差なく利用可能であるといえる.

参考文献

[1] 警察庁生活安全局地域課. 令和元年における山岳遭難の概況, 2020.
 [2] J.Marquez-Perez et al. Estimated travel time for walking trails in natural areas. Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, Vol.117, No.1, pp.53-62, 2017.
 [3] 増田駿平. 到着時刻推定に基づくルート選択支援登山アプリ. 関西学院大学理工学部情報科学科卒業論文, 2019.