

ユーザから収集した歩行履歴情報を用いた移動時間推定システム

宮本健太[†] 梅津高朗[†]

概要：スマートフォンの普及により、地図アプリなどで経路検索をする機会が増えたが、徒歩移動の際の予想移動時間は、一定の基準があり、実際にユーザが移動する時間とは異なる可能性がある。そこで、移動開始時に体調や気分、体感気温を自己申告してもらい、実際の移動経路などとともに記録し、モデル化することによって経路検索をするユーザに合わせた徒歩移動時間を推定するシステムを提案する。

キーワード：歩行履歴情報、GPS

Estimating Walking Travel Time Using User's Walking History

KENTA MIYAMOTO[†] TAKAAKI UMEDU[†]

Keywords: Walking History, GPS

1. はじめに

近年、スマートフォンが普及したことにより、Google マップ[1]をはじめとした地図アプリなどで目的地までの経路を検索する機会が増え、同時におおよその到着時間を知ることができるようになった。

例えば、自宅から大学までの経路を検索した場合、地図アプリからは目的地までの公共交通機関の乗車時間と徒歩移動にかかる時間を合わせた情報が得られる。ここから得られる公共交通機関の乗車時間は、様々な原因を考慮しても、情報通りになる場合が多い。

しかし、徒歩移動にかかる時間は、過去に歩いたことのある経路であっても、ユーザの身体状況と感覚（体調や感情、体感気温など）や歩行経路の環境（天候、気温、勾配など）によって変化する可能性がある。感情の起伏や天候などを原因に、経路検索によって算出された徒歩移動の予想時間よりも早く到着したり、遅く到着したりすることが考えられる。ユーザが実際に移動する際の環境に合わせた移動時間を推定するためには、これらの原因を考慮する移動時間推定手法が必要である。

本稿では、上記に示したような体調や感情、体感気温などのユーザ申告情報と実際の移動で得られた経路の情報や移動時間を記録し、モデル化することによって、それぞれのユーザが普段歩く経路に対して、ユーザに合わせた移動時間を推定するシステムを提案する。

2. 関連研究

本章では、関連した研究を紹介する。文献[2]では、歩行のペース、すなわち歩行速度を調節する点に着目し、ユー

ザの指定した時間に目的地へ到着できるように支援するシステムを提案している。通常、目的地までの残りの距離と、そこまでの移動時間を歩行中に見積もることは困難であり、見当をつけたとしても、時間通りに到着できるよう適切に歩行速度を調節することは困難である。そこで、この研究ではStepNaviと呼ばれる歩行速度ナビゲーションシステムを開発している。このシステムでは、端末上にユーザの歩行速度と適切な歩行速度が相対的に表示されるグラデーションUIによって、視覚的にユーザが適切な歩行速度を理解できるようにしている。しかし、実際に歩行する経路の環境やユーザの身体状況と感覚によっては、システムが指示する歩行速度を維持することが難しいと考えられる。本稿では、それらの要因を考慮することによって、ユーザに歩行速度ではなく、出発時間の調整や徒歩以外の適切な移動手段が選択できるようになることを期待している。

歩行履歴情報を活用した研究に、文献[3]がある。ユーザから収集した歩行履歴情報によって、歩行ナビゲーションに必要な情報を自動的に分析する手法を紹介している。道路の斜度や建物の入口の位置、歩行者用信号機の所在や横断歩道の位置は、一般に地図には記載されていない。そこで、位置情報や高度、それを記録した時間をまとめた歩行履歴情報を分析して、それらの位置を推定している。例えば、GPSから取得した位置情報が一定の時間内で同じ場所を記録していた場合、その場所に歩行者用信号機が存在したと考えられる。また、歩行履歴に記録されている連続した2点間の距離と高度の差から、斜度を求めることができる。このように歩行履歴情報を分析して、地図に記載されていない情報を推定している。この研究では、歩行履歴情報の取得に、GARMIN[4]のeTrex Summitが使用されている

[†]滋賀大学
Shiga University

ため、一部のスマートフォンに搭載されていない気圧高度計の値が使用されている。本稿では、外部サービスによって歩行履歴情報に高度情報を付加しているため、機種を問わずに搭載されている GPS のみで利用できることを重視している。

文献[5]では、本稿と同様にユーザの歩行履歴情報を用いた移動時間を推定するシステムを提案している。ここでは、位置情報と心拍数を計測するために、腕時計型の専用端末である、Pianta[6]の GPS-22HRW+II を使用し、ここから得られるデータと、そのデータを取得した時刻を蓄積し、そこから歩行速度と特徴量を算出する。そして、歩行時の周辺環境データを道路情報データベースから取得し、道路を交差点からなるノードで分割して、道路セグメントごとに歩行速度と特徴量に関連付けて、歩行者ログデータベースに記録している。実際に歩行速度を推定する際、歩行予定経路の周辺環境と類似した歩行者ログデータを使用して、その移動速度と距離から移動時間を推定している。この研究では、専用端末と道路情報データベースから得られた情報から推定しているが、本稿では、ユーザによる身体状況や感覚の自己申告情報を移動時間推定時に利用する。

歩行者の歩行移動時間を推定するためには、位置情報履歴から歩行速度と斜度を算出することと、歩行に関わる情報を管理し、関連付けることが必要だと考えられる。

3. 提案手法

本章では、今回提案する手法を紹介する。

3.1 研究目的とアプローチ

3.1.1 研究目的

本研究の目的は、実際の歩行者であるユーザが、体調や天候などを考慮した上で、目的地までの歩行移動時間を正確に推定できるようにすることである。本稿では、一般的な歩行者向けナビゲーションシステムで平均的な到着時間が予測できているとみなし、その予想から、個々人の体力やその時々状況によるずれを推定するアプローチを採る。そのため、それぞれのユーザが普段から何度も歩くような道を対象に、その道を歩いた本人のデータを用いて、その人に特化した推定を行う事を目指す。移動時間の増減に直接関わる歩行速度は、体調や身体感覚、気温や湿度、服装や所持品の重さなど、様々な要因によって変化する可能性が考えられる。それらの要因をすべて記録することは難しいため、ここでは、ユーザの体感がそれらの環境要因をある程度反映していると考え、ユーザが選択肢中から選んで申告するユーザーインターフェースを介して情報を集めることとした。

提案手法の応用としては、歩行者ナビゲーションシステムに応用できるほか、信号の切り替えタイミングなども推定し、それらも考慮した経路の最適化などにも応用が考えられる。

3.1.2 アプローチ

3.1.1 節で示した目的を実現するために、1) ユーザの歩行履歴と自己申告情報を取得し、2) 歩行履歴情報から経路の周辺環境情報を取得したのち、3) 取得した情報を管理することが必要だと考えられる。

1) は、スマートフォンを用いて、搭載されている GPS から得られる位置情報と、位置情報を取得した時間、ユーザが自己申告した身体状況と感覚（体調や感情、体感気温）を取得する。スマートフォンを用いた理由として、近年スマートフォンを保有している個人の割合が上昇を続けており、平成 27 年末には 50%を上回ったこと[7]と、そこから経路検索を行う手段としてスマートフォンの地図アプリを利用する機会が多いと考えられるためである。なお、機種によっては搭載されているセンサにより気温や湿度が取得できる場合もあるが、すべての機種に搭載されている機能ではないため、ここでは使用しない。

2) は標高や移動時の気温などを取得し、目的実現のための材料とする。

3) は、取得したデータを歩行履歴情報として定義し、管理する。

3.2 提案手法の概要

現時点で考案している提案手法の大まかな流れを示す。

このシステムは、図 1 のような、歩行履歴情報の収集と図 2 のような歩行移動時間の推定の 2 つの機能からなる。本節では、それぞれの機能について紹介する。ここでは、到着予想時間の、一般的な歩行者用ナビゲーションシステムの推定値からのずれは、到着時間に影響のある要因の線形結合である程度表現できると考え、重回帰分析を用いて行う。

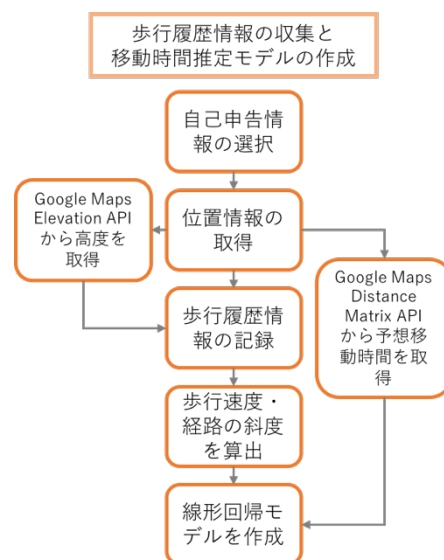


図 1 歩行履歴情報の収集と移動時間推定モデルの作成

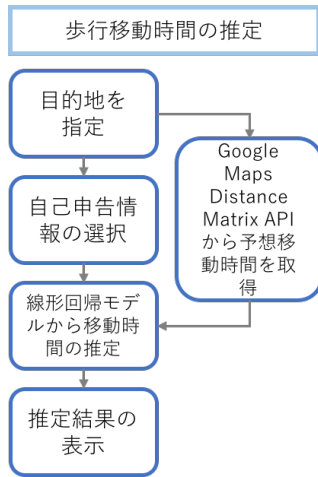


図 2 歩行移動時間推定

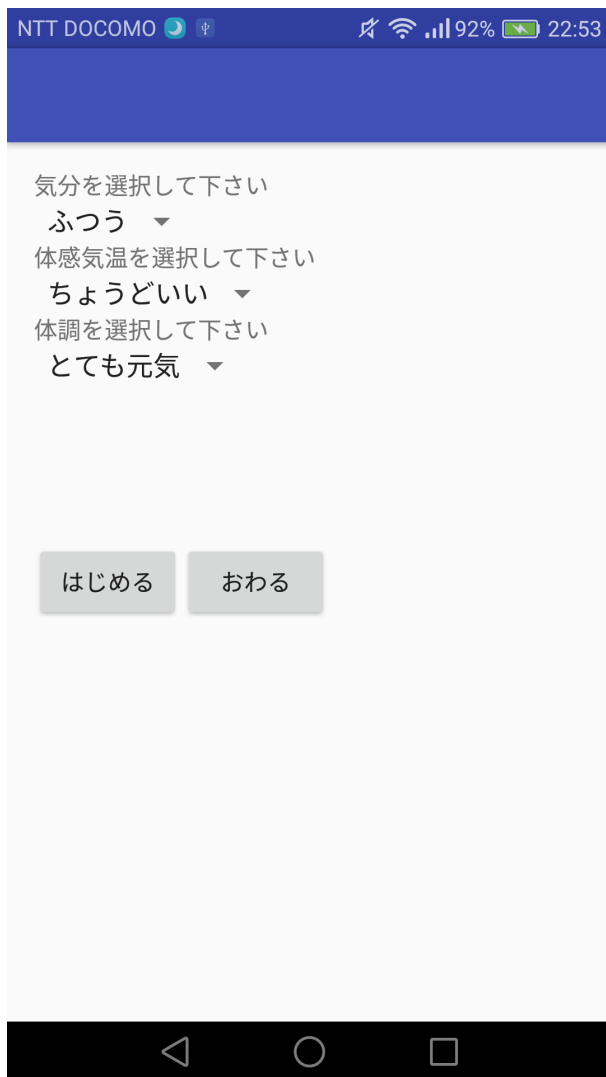


図 3 ユーザ自己申告情報入力画面例

表 1 ユーザ申告情報選択肢一覧

体調	気分	体感温度
とても元気(2)	良い(2)	暑い(-1)
元気(1)	楽しい(1)	快適(1)
普通(0)	普通(0)	寒い(-1)
疲れている(-1)	暗い(-1)	
崩している(-2)		

表 2 位置情報データテーブルのデータ構造

属性名	説明
体調	表 1 からユーザが選択した項目
気分	同上
体感温度	同上
時刻	位置情報データを取得した時刻
位置情報	GPS センサが取得した位置情報
高度	Google Maps Elevation API から取得した高度

表 3 変数一覧

変数	説明
y (実移動時間)	歩行履歴情報取得時に計測した、実際の移動時間
x_1 (予想移動時間)	Google Maps Distance Matrix API から取得した予想移動時間
x_2 (体調)	表 2 に記録されている「体調」の選択を表 1 の値で示したもの
x_3 (気分)	表 2 に記録されている「気分」の選択を表 1 の値で示したもの
x_4 (体感温度)	表 2 に記録されている「体感温度」の選択を表 1 の値で示したもの
x_5 (上り坂の割合)	経路上で勾配が正の値をとった 2 点間の距離の総和を全経路の距離で割ったもの
x_6 (下り坂の割合)	経路上で勾配が負の値をとった 2 点間の距離の総和を全経路の距離で割ったもの

3.2.1 歩行履歴情報の収集と移動時間推定モデルの作成

ユーザの歩行移動時間を推定する際に必要な情報を蓄積し、歩行移動時間推定モデルを作成する歩行履歴学習部について説明する。

歩行履歴情報を取得開始する前に、図 2 のような画面で自己申告情報をユーザに登録してもらう。表 1 は、自己申告情報の選択肢を示しており、各項目に付している数字は、後ほど線形回帰を行う際の説明変数である。体調と気分の説明変数は、「普通」を中心に、歩行速度の増加に関わると考えられるものは正の数を、減少に関わると考えられるも

のには負の数をつけている。体感温度は、「快適」の場合に歩行速度が増加すると考え、その他の場合には減少すると考え、それぞれの数字をつけている。

その後、「はじめる」をタップすると、自己申告情報と関連付けた歩行履歴情報の取得を始める。歩行終了後、「おわる」をタップすると、歩行履歴情報の取得が終了し、Google Maps Elevation API[8]から各記録地点の高度情報を取得する。同時に、Google Maps Distance Matrix API[9]から、歩行履歴情報を取得した経路をナビゲーションした場合の到着予想時間を取得する。

これらの収集した情報の蓄積、管理は、表2の位置情報データテーブルのデータ構造で示した形で行う。なお、個人ごとにパラメータが異なると思われることとプライバシー保護の観点により、スマートフォンから得た位置情報は、基本的に端末内部で記録・管理し、外部との通信はGoogle Mapsの各種APIから情報を取得する場合のみに利用することを想定している。

次に、移動時間推定モデルを作成するため、位置情報データテーブルのデータを表3の変数一覧に沿った形式に変換する。表3の「上り坂の割合」「下り坂の割合」の各変数は、位置情報データテーブルで連続している2点間の位置情報と高度から求めている。式1のように、2点間の高度の差を求め、その値を正の場合と負の場合で分ける。そしてそれぞれの総和を全経路の距離で除する。

$$\begin{aligned}d_n &= h_{n+1} - h_n \\d_n > 0 \text{ の場合 } a_n &= p_n \\d_n < 0 \text{ の場合 } b_n &= p_n \\ \text{その他の場合 } a_n &= b_n = 0\end{aligned}\quad (1)$$

$$x_5 = \frac{1}{dist} \sum_{k=1}^n a_k$$
$$x_6 = \frac{1}{dist} \sum_{k=1}^n b_k$$

h_n : 高度 p_n : 2点間の移動距離 $dist$: 全経路の距離

目的変数に実際の移動時間、説明変数に各歩行履歴情報をあてはめて重回帰分析を行う。例えば、式2のモデルに表3の各変数を当てはめる。いくつかの推定モデルを作成し、実際に収集したデータを用いて推定精度を比較することで、より精度の高いモデルを模索することは今後の課題とする。

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 \quad (2)$$

a : 定数

それぞれの目的変数の偏回帰係数を調整することで、ユーザに合った移動時間推定モデルを作成する。歩行履歴情報を蓄積するたびに各係数は更新される。

3.2.2 歩行移動時間の推定

前節で作成したモデルを用いて、歩行移動時間を推定する。はじめに、ユーザに目的地を指定してもらう。その後、Google Distance Matrix APIから目的地までの経路の到着予想時間を取得し、同時にユーザには経路探索時点での自己申告情報を登録してもらう。最後に、作成してあるモデルにそれぞれ取得した値を当てはめ、実際の移動時間を推定する。

4. まとめと今後の課題

本稿では、ユーザが申告した情報と実際の歩行履歴情報を用いた移動時間推定システムを提案した。今回提案したシステムはスマートフォンのみで完結することを目標としている。同時に、式2において調整した $b_1 \sim b_6$ の偏回帰係数が、歩行履歴情報を取得した経路でないと利用できないのか、といった評価や、異なるユーザごとにどのくらい変化するのかといった調査を行い、個人用として設計したことは正しいのか結論づけることを目標としている。

今後の課題として、実装したアプリケーションを用いてデータを収集し、より精度の高い推定モデルを模索すること、そして本手法の有用性を確かめることが挙げられる。

参考文献

1. Google マップ <http://www.google.co.jp/maps/>
2. 藤沢和哉, 安村通晃, StepNavi: 歩行速度ナビゲーションシステムの開発, 情報処理学会インタラクティブシンポジウム論文集, Vol.2012, No.3, pp.307-312 (2012).
3. 白川洋, 歌川由香, 福井良太郎, 重野寛, 岡田謙一, 歩行者ナビゲーションのための歩行履歴情報の分析手法, 情報処理学会研究報告, 2003-MBL-25, pp.69-76 (2003).
4. GARMIN <http://www.garmin.com/>
5. 夏堀友樹, 白石陽, 歩行者ログを用いた移動所要時間推定システムの提案, マルチメディア、分散協調とモバイルシンポジウム2013 論文集, pp.1051-1056 (2013).
6. Pianta <http://pianta.ne.jp>
7. “平成27年通信利用動向調査の結果”, http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/160722_1.pdf, (参照 2016-11-09)
8. Google Maps Elevation API <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/intro?hl=ja>
9. Google Maps Distance Matrix API <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/?hl=ja>