

# スマートデバイスによる歩行者行動を考慮した ナビゲーションシステムの提案と実装

佐々木 柁人<sup>†</sup>      松原 俊一<sup>††</sup>      Martin J. Dürst<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 青山学院大学大学院理工学研究科理工学専攻

<sup>††</sup> 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科

## 1 はじめに

IDC<sup>1</sup>の調査から SmartWatch における 2016 年から 2020 年までの普及率が 31%と市場の規模が拡大すると予測される。それに伴い SmartWatch 向けのサービスも増加すると考えられる。SmartWatch に対応したナビゲーションアプリは複数あり、NAVITIME<sup>2</sup>や Yahoo!乗換案内<sup>3</sup>, Google マップ<sup>4</sup>などが挙げられる。

これらのナビゲーションシステムでは、GPS 機能を使用し現在地から目的地までの平均的な所要時間が表示される。しかしユーザにより歩行速度が異なるためあくまでも目安としての表示となる。現在の歩行速度で目標時間までに到着可能かどうかは、現在の時刻を見てユーザの経験から判断するしかない。目標時間内に到着不可能と判断した場合、ユーザは走るなど移動の速さを変えて目標時間内に到着可能にする。しかし結果として目標時間内に到着不可能であったり、早く着きすぎてしまうという問題が発生する。また急な運動のため、体に負担をかけ筋肉や関節等に障害を起こす可能性がある。

そこで本研究ではユーザの歩行速度を考慮し、低負担で目標時間内に到着できるナビゲーションシステムを提案する。歩行速度を考慮したナビゲーションは、普段使用しない経路でも過剰な運動をせず、一定のペースで目的地に到達できるためユーザの負担を減らすことが可能である。評価では既存のナビゲーションシステムと目的地までの心拍数の違いを比較した。

## 2 関連研究

関連研究として、路線バスの運行状況とバス利用者の歩行速度を考慮しバスの乗り遅れを防止する研究 [1] が挙げられる。しかし、この研究では歩行のみを考慮しており、早歩きや走りのような行動を想定していない。また、歩行速度の算出においても過去の行動履歴を参考にして

いる。そのためユーザの環境の変化への対応には、リアルタイムにおける算出が効果的であると考えられる。

また、歩行速度を色のグラデーションで表示して、目標時間に到着可能かどうかをユーザに提示する研究 [2] もある。この研究では色の目安により早いか遅いかの判断が可能であるが、SmartPhone を常に確認する必要がある。また遅い場合に走ったとしても、目標時間に到着可能かどうか直感的に知ることができない。そのため具体的にどのように移動することで、目標時間内に到着可能なのか提示する必要があると考えられる。

## 3 ナビゲーションシステムの実装

本研究ではユーザの歩行速度を考慮し、低負担で目標時間内に到着できるナビゲーションシステムを提案する。速度の推定方法としては、GPS とデットレコニングを複合し、カルマンフィルタにて精度の向上を図る手法を使用する。そこから目的地までの距離と現在の速度から目標時間内に到着できるか判別し、できなければ移動を変更するよう促す。促す方法は SmartWatch のバイブレーション機能と色を利用する。SmartPhone は Nexus 5<sup>5</sup>, SmartWatch は LG Watch Urban<sup>6</sup>を使用し実装した。

### 3.1 システムの操作方法

システムでは SmartPhone と SmartWatch の二つを使用し、次ページ図 1 のような画面が表示される。SmartPhone では目的地と到着時間を設定する。設定後、SmartPhone はバックグラウンドで処理が可能のため、歩行中に操作する必要がない。そして SmartWatch のスタートボタンを押すことで、ナビゲーションが開始する。

### 3.2 目的地までの距離計測

目的地までの距離計測では始点と終点の直線距離ではなく経路による距離を計算する。Google Distance Matrix API を使用することで、現在地から目的地までの経路を探索し、距離を算出する。

### 3.3 速度の算出

移動距離を算出する方法として様々な歩幅推定のアプローチが提案されている。原始的な手法としては、歩幅と身長の関係を利用した手法が挙げられる。しかし平均

### Proposal and Implementation of a Smart Device Based Navigation System For Pedestrians

Sasaki Masato, Shunichi Matsubara and Martin J. Dürst

<sup>†</sup>Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

<sup>††</sup>Department of Integrated Information Technology, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University  
duerst@it.aoyama.ac.jp

<sup>1</sup>IDC <http://www.idc.com/>

<sup>2</sup>NAVITIME <https://www.navitime.co.jp/>

<sup>3</sup>Yahoo!乗換案内 <http://transit.yahoo.co.jp/>

<sup>4</sup>Google マップ <https://maps.google.co.jp/>

<sup>5</sup>Nexus 5 <http://www.zdnet.com/product/google-nexus-5/>

<sup>6</sup>LG Watch Urban <http://www.lg.com/jp/mobile-accessories/lg-W150>



図 1: 使用時のシステム画面

絶対誤差が 10 cm を超えるため推定精度は低い。他の手法として、人間の歩行動作を表した力学モデルの一つである倒立振り子モデルを近似した手法 [3] や、ピタゴラスの定理を元に足の長さや垂直成分加速度から計算する手法 [4] がある。これらの手法では誤差が約 4 cm と高精度で推定されている。本研究では倒立振り子モデルを参考に歩幅を推定し、式 1 にて計測する。

$$l = K \times \sqrt{\max(a_v) - \min(a_v)} \quad (1)$$

$a_v$  は合成加速度であり、 $K$  は個人によってキャリブレーションして決定される比例係数で、本研究では歩幅係数と呼ぶ。

初期状態では、Global Positioning System (GPS) を使用し、カルマンフィルタを通し移動距離から現在の速度を推定する。また、加速度センサを使用して  $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸の値から合成加速度を算出し、最大値と最小値を記録する。その後 GPS の精度が高い場合、実際の移動距離とみなし式 1 から歩幅係数を個人によってキャリブレーションする。

### 3.4 ナビゲーションの変更

現在の速度を計測後、目標時間内に到着できなければ移動の速さを変更するように提示を変える。提示には振動と色を使用する。振動は 4 段階に分け、歩き、早歩き、ランニング、ダッシュをそれぞれ 1 回、2 回、3 回、4 回とした。色は目標時間内に必要な速度と現在の速度の割合により赤、オレンジ、黄、緑と変化する。赤色は現在の速度が目標時間に必要な速度に一番遠く、緑色が現在の速度で目標時間内に到着できるという意味となる。

## 4 評価

Google マップと提案システムを比較して評価した。被験者は 20 代の男性 10 名であった。実験方法は、被験者が知らない場所で 850 m の経路を、地図やナビゲーションを頼りに移動した。また制限時間を設け、8 分以内に到着することとした。

図 2 は、心拍数の変化を示す。移動中は被験者によって変化が異なるので、傾向を読み取るのが難しい。しかしすべての被験者において到着時の心拍数は、Google マップに比べ提案手法が低いことがわかった。二つの平均値は 120.2 bpm と 113.6 bpm であった。到着時の心拍数を

Shapiro-Wilk 検定した結果、有意水準 5% で正規分布に従うことがわかった。そこで  $t$  検定（一对の標本による平均の検定）をした結果、有意水準 5%（両側）で差が認められた。

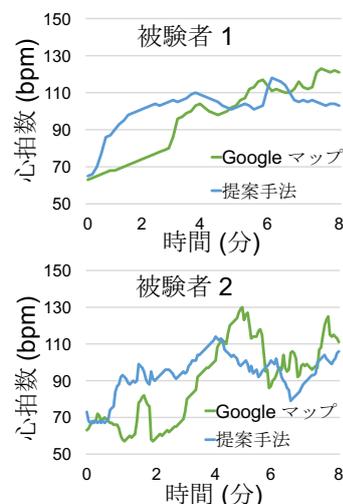


図 2: 目的地までの心拍数の変化

またすべての被験者において提案手法では目標時間内に到着できたが、Google マップでは 2 名が到着が遅れた。これは、目的地までのペース配分を間違えたために到着できなかったと考えられる。

## 5 まとめと今後の課題

本研究ではユーザの歩行速度を考慮し、低負担で目標時間内に到着できるナビゲーションシステムを提案した。また Google マップと目的地までの移動の速さや心拍数のデータを用い比較した。到着時の心拍数は、Google マップと比較し低いことがわかり、 $t$  検定をした結果、有意差が認められた。また、提案手法では全被験者が目標時間内に到着が可能であった。

今後、ナビゲーションが使用可能な範囲の拡大や機能の追加により、さらなるユーザビリティの向上が見込まれる。

## 参考文献

- [1] 小菅玉春, 鈴木秀和, 松本幸正ほか. 路線バスの運行状況とバス利用者の歩行速度を考慮したナビゲーションシステムの提案. 情報処理学会第 74 回全国大会, Vol. 3, p. 9, 2012.
- [2] 藤沢和哉, 安村通晃. Step navi: 歩行速度ナビゲーションシステムの開発. インタラクシオン, 2012.
- [3] Harvey Weinberg. Using the adxl202 in pedometer and personal navigation applications. *Analog Devices AN-602 Application Note*, Vol. 2, No. 2, pp. 1-6, 2002.
- [4] Wen-Yuah Shih, Liang-Yu Chen, and Kun-Chan Lan. Estimating walking distance with a smart phone. In *2012 Fifth International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Programming*, pp. 166-171. IEEE, 2012.