

他者の行動との相対化による安心感を生む 歩行ナビゲーションシステムの提案

石川 智之[†] 竹内 勇剛[†]

携帯端末に GPS が搭載されたことにより、携帯端末で自分の位置情報や地図情報を電子地図として確認できるようになった。また、それらの情報を利用することで歩行ナビゲーションも携帯端末で提供されるようになった。しかし、それらのナビゲーションでは多様な選択肢を持つ歩行者に対し、十分に対応することができていない。またナビゲーションで用いられる電子地図も、おおよその地図情報を得ることはできるが工事情報など、現在の地図の情報を知ることはできない。そこで本稿は同一目的地を目指す他者の情報を与えることで、歩行者が他者の状況から現在の地図の情報を判断できる地図を開発し、それを利用した Android 端末用の歩行ナビゲーションを開発した。これにより、たとえ歩行者が知らない土地であっても、歩行者が適切な道を、安心感を持って移動することができる歩行ナビゲーションシステムを提案する。

Proposal for a walk navigation system for pedestrians which induces the sense of security by exchanging reciprocal geographical information

TOMOYUKI ISHIKAWA[†] YUGO TAKEUCHI[†]

A walk navigation system applied to mobile phones supplies the user's geographical location and navigates him or her to a destination while walking. However, there can be various alternatives for them to choose according to the weather, their physical conditions, and the like. Furthermore, the map accompanying with the GPS system cannot reflect the present conditions on the way such as an unexpected roadwork or a traffic accident. The present paper, then, intends to design a new navigation system for pedestrians using Android mobile phones, who can see on the GPS device the locations and movements of other pedestrians walking in the same direction, and detect from any irregular movements of them possible accidents or interruptions on their routes and walk through securely even in an unfamiliar district.

1. はじめに

近年、携帯電話に GPS が搭載されるようになり、Google マップなどの電子地図が携帯端末上で利用可能となった。それに伴い、携帯端末上でナビゲーションシステムが提供されるようになった。それらのナビゲーションでは車用のものと歩行者用のものが多く提供されているが、歩行者用のナビゲーションはカーナビゲーションと同様に、最短距離など、いくつかの条件の中からルートを選択し、歩行者を誘導するという方式を用いている。しかし歩行者は、車に比べて移動の際の制限がなかったり、途中で移動手段を変更したりなど多様な選択肢を持つため、システムが歩行者にとって最適なルートを探し、提供するのには困難であると考えられる。またナビゲーションで利用される電子地図は更新期間が長く、工事などの一定期間の情報は反映されない。例えば、ルート案内を行っている際にナビゲーションによって提示されたルート上で工事が行

われていた時、立ち往生してしまい、不安感を感じるだろう。

そこで本稿では、従来の型 GPS 情報をもとに断定的にルートを提示する”型”にはまった”ナビゲーション”ではなく、同一目的地を目指す他者情報の複合（集合知）を利用するナビゲーションを提案する。これは、歩行者が他者の状況から現在の周辺状況と目的地との関係を結合し、その結果進むべきルートを自ら判断できるシステムである。本研究で提案する歩行ナビゲーションシステムは従来の一意のルートを示し、使用者を設計者の意図どおりに移動させるシステムではなく、設計者は集合知によってリアルタイムかつ暗黙的に多様なルートを示すだけにとどまり、使用者はその情報を利用して、自らの意思で移動していると感じるシステムである。これにより今までよりも安心感を与えるシステムとなることが期待される。そして、その使いやすさ、利便性を評価し、提案するナビゲーションシステムが社会に与える影響を検討することを目的とする。

[†] 静岡大学情報学部
Shizuoka University

2. 背景

2.1 現行のナビゲーションとその問題点

現在、Google マップナビや au one ナビウォークなど携帯端末上でナビゲーションシステムが提供されているが、それらはカーナビゲーションと同様に、最短距離など、いくつかの条件の中からルートを探査し、歩行者に提示する。その中から歩行者が、ルートを選択する。ナビゲーションは選択された一意のルート情報を地図上に表示し、また音声案内により歩行者を目的地まで誘導するという型にはまった方式を用いている。この方法では、ナビゲーションのルートに従って進んでいけば、地図情報が正しい限り、確実に目的地にたどり着くことができる。しかし、歩行者は天候などの周りの状況に左右されやすく、また、身体的特徴などの個人差などにより通れる道が限定される場合がある。また移動途中で移動手段を変えることもできたりと、車での移動に比べ歩行者は移動の際の自由度が高いといえる。そのため、カーナビゲーションのような条件を絞ったうえでルートを選択するナビゲーション方式では多様な選択肢を持つ歩行者に対して、常に最適なルートを探査し、提供するのは困難である。またナビゲーションに用いられている地図も工事情報などの現在の地図情報が記載されていないかったり、地図の更新期間が長いため、現実の風景と地図が異なることがあったりと、リアルタイム性に欠ける。また、歩行者が移動する道の交通量が多く、端末を注視していることが危険な時など、歩行者が端末画面から与えられる情報を確認することができないときがあるため、視覚情報という地図を用いた情報提示ができないときがある。

以上のことから現行のナビゲーションには以下の 3 つの問題があるといえる。

- 問題 1：移動の際の行動や判断の選択肢が多い歩行者に対し、常に最適なルートを与えることができない
- 問題 2：現在の道路情報をリアルタイムに地図に反映させることができない
- 問題 3：道路の交通状況により、視覚的な情報を得ることが困難な時がある

歩行者の多様性に対応し、最適なルートを提供するため研究として、屋内または屋外における歩行者の要望に関するアンケート調査を行ったうえで、その条件に合わせた経路探索を行うという研究がされている[1][2][3]。その結果、アンケートによって得た歩行者の要望に合わせた経路を提示することで歩行者の要望

を満たすことができたが、経路を提示する際に、案内する道において道路データ以外に、歩道や坂道などの詳細データが必要となる。経路探索をする際にそれらの情報をすべて蓄えるのは困難である。

現在の道路情報をリアルタイムに地図に反映させることができないという問題に対し、より最新の地図を提供することを目的としたカーナビゲーションとして Pioneer 社のサイバーナビがある[4]。サイバーナビで用いられる地図の更新期間は 1 カ月ごとであるが、地図上にないが現実では道があった場合、一度でもその道を走行することで、その走行データをもとに地図上に新しく道路を生成するロードクリエイター機能によって、地図を自動的に更新することができる。しかし工事情報などの現在の地図情報を表示することはできない。

そこで本稿では、様々な選択肢を持つ歩行者に対し最適なルートをあたえられないという問題に対し、歩行者に対してルート情報を与えず、目的地の情報のみを与えるという方法をとる。それによって歩行者が目的地までのルートを縛られることなく、自由にルートを選択し、目的地にたどり着くことができるようにする。しかし、目的地の情報だけでは歩行者が自分にとって最適な道を選ぶことができないという新たな問題が発生する。その問題を解決するために、歩行者に同一目的地を目指す他者の情報を提供する。同一目的地を目指す他者が目的地を目指す上で地図上をどのように移動しているかを確認することで、使用者が目的地にたどり着くために最適な道を探し出すことにつながる。また同一目的地を目指す他者の情報を提供することで、もう一つの問題である、現在の道路情報をリアルタイムに地図に反映させるという問題も解決できる。

2.2 多様性と集合知

多様性とは複数の個体が互いに異なっていることの上に成り立つ概念であり、それらを集約することでできるものを集合知という[5]。

集合知の例としてウィキペディアと百科事典を比べて考える。市販の百科事典では執筆者をコントロールすることで記述の質を上げている。しかし修正点があった場合には改訂版を出さなければならないと情報をリアルタイムに配信することができない。一方ウィキペディアでは執筆者に対する中央集権のコントロールを排除しているため、記述の精粗や正確さが異なるが、それらは知の集約過程で改善され、最終的に十分許容できるだけの質が達成できると期待される。また修正点があった場合もすぐに修正することができ、リアル

タイム性に優れている．このように集合知を利用することで専門家などが作る情報に比べ情報としての質は劣るかもしれないが，よりリアルタイムに情報を得ることができる．

本システムにおいても，現在の他者の移動情報という多様性のある情報をシステム使用者が互いに参照しあうことで，工事情報などの現在の地図情報を予測したり，いわゆる抜け道のような目的地までの最適なルートを選ぶことが可能となる．

2.3 情報提示手段

現行のシステムの最後の問題点として道路の交通状況により，視覚的な情報を得ることが困難である場合がある．本システムにて歩行者に与える情報として，目的地情報と同一目的地を目指す他者の情報がある．これらの情報は地図上に表現が可能である．しかし，その問題点のため常に画面上で情報提示するのは困難だと考える．

そのため本稿では，視覚を利用する以外の情報提示によりナビゲーションを行うための方法を考えた．その方法として，聴覚を利用した音情報と，触覚を利用した振動情報があげられる．そのうち音情報により情報提示をすることは歩行者にとって危険だと考える．これが危険なのはハイブリッド車等の静音性が問題視されていることからわかる[6]．振動情報は視覚情報や，音声情報に比べ伝達が可能な情報量が限られているが，他の日常動作を阻害しない，周囲の人々の迷惑にならないなどの性質を持っているため[7]，今回あげたような状況においても通常時と同じように情報を提示することができると考えた．振動を用いた歩行ナビゲーションは，目的地情報を与えているものとして，塚田らの Active Belt や，長岡らの WYSIWYAS 案内バンドがある[8][9]．これらのナビゲーションでは実世界上で情報提示を行うことで，情報の伝達量が少ない振動という情報提示手段でも使用者に目的地情報を提供することができている．

よって本稿では，振動情報を用いて実世界上で情報を提示することで，歩行者が端末を注視することができない状態であっても，情報を提示できるようにする．実世界上で与える情報としては，上述した Active Belt などの先行研究と同様に目的地情報とする．

2.4 まとめ

以上のことから，現行のシステムと提案するシステムの差異を表 1 に記載する．

表1 現行するシステムと提案するシステムの差異

	現行のシステム	提案するシステム
ナビゲーション方式	型にはまったナビゲーション	型にはまらないナビゲーション
提示する情報	目的地情報 目的地までのルート	目的地情報 同一目的地を目指す他者の情報
最適な道により目的地に着く確率	低い	高い
使用する地図のリアルタイム性	低い	高い

現行のナビゲーションは型にはまったナビゲーションであり，GPS を用い，目的地情報と，一意のルートを歩行者に提示し，歩行者を誘導することでナビゲーションを行っている．一方提案するシステムでは，目的地の情報に加え，同一目的地を目指す他者の情報を与える．他者の情報を複合し，集合知によって暗黙的に多様なルートを示すことにより，使用者のルート選択における自由度があがり，今までよりも安心感を与えるという，型にはまらないナビゲーションである．提案するシステムで暗黙的に多様なルートを示すことで歩行者はその情報から目的地までの自身が思う最適なルートを選ぶことができるため現行のシステムに比べ，最適なルートにより目的地にたどり着く確率が高いといえる．また集合知の特性から現行のシステムに比べ，よりリアルタイムに道路情報を把握できるため，リアルタイム性が高いといえる．

3. システム概要

3.1 本システムの機能の概要

本稿で提案するシステムは使用者が主体となるシステムで，使用者が自分で自分にとって最適なルートを選択し目的地にたどり着くことのでき，また現在の地図の状況をリアルタイムに知ることのできる歩行ナビゲーションである．このナビゲーションは Android 搭載のスマートフォン上で動作するアプリケーションである．このようなシステムを作るにあたって，ナビゲーション機能と他者認識機能の二つの機能を実装した．この二つの機能について以下に概要を述べる．

3.1.1 ナビゲーション機能

ナビゲーション機能は，使用者に設定した目的地の情報である，目的地までの距離と，方向の情報を振動によって伝達する機能である．使用者が画面上のボタンを押し，スマートフォンを目的地方向に向けたとき

に、スマートフォンを振動することで情報を伝達する（図 1）。

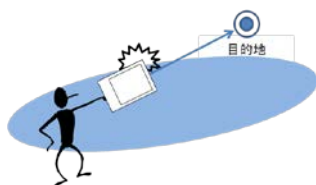


図1 ナビゲーション機能のイメージ

方向の取得は使用者にスマートフォンをあらゆる方向に向けてもらい、目的地の方向を向いたときにスマートフォンを振動させることで実現する。距離の取得はスマートフォンが目的地の方向を向いた際に、目的地までの距離によって振動パターンを変化させることで実現する。古賀らが振動周期の最適条件について調べた結果、振動時間、休止時間ともに 0.1s あれば 95%以上の正解率で伝達が可能であるという結果が出た[10]。それに基づいて設定した、目的地情報を距離に対する振動パターンを表 2 に示す。

表2 目的地までの距離と振動パターン

目的地までの距離	振動パターン
10m 以内	0.1s
30m 以内	0.3s
50m 以内	0.4s
100m 以内	0.5s
500m 以内	0.7s
500m 以上	1.0s

本機能において、使用者に目的地の情報を常に与え続けるのではなく、ボタンによるオンオフを付け、また使用者が自分からスマートフォンを動かすことで目的地情報を取得するという方法をとったのは、情報を与えられるのではなく、自分から取得することでシステムによって目的地に導かれているのではなく、自分の力で目的地に向かって行くという感覚を与えることができる考えたためである。

この機能により、使用者が目的地の情報を実世界上で把握することができる。

3.1.2 他者認識機能

他者認識機能は同一目的地を目指す他者の行動として、他者の移動速度や移動方向をベクトル情報として地図上に表示させる地図機能である使用者が目的地までの最適なルートを選択するため情報や現在の地図情報を得るための機能である。（図 2）。地図上における他者のベクトルは青色で表示し、使用者のベクトルは

赤色で表示する。



図2 他者認識機能のイメージ

移動手段を判断するために、歩行、自転車、原付・バス、車・タクシーを想定したうえで、同一目的地を目指す他者の移動速度ごとにベクトルの長さを変えた（表 3）。地図上のベクトルの長さを見ることで、その他者の移動手段を予測できるようにした。

表3 移動速度に対するベクトルの長さ

移動速度（時速）	ベクトルの長さ
0km	0mm
0km～6km	5mm
6km～20km	10mm
20km～40km	15mm
40km～	20mm

この機能により、使用者が目的地までの最適なルートを選択することができ、また、現在の地図情報を取得することができる。

4. システムの設計と評価

本章では、本システムにおけるインターフェイス、ナビゲーション機能のシステム設計、他者機能におけるシステム設計について述べる。

4.1 インターフェイス

スマートフォン上のインターフェイスは図 3 と図 4 の画面から構成される。図 3 の画面は目的地を設定する画面である。図 3 左の Map は、はじめ自分の近辺の地図を表示しており、目的地を設定するために利用する。テキストボックスは、目的地の場所を検索するためのワードを入力するものである。ここにワードを入れ、検索ボタンを押すと、検索した場所が下部の Map の中心となる。目的地を設定するには Map 上の自分が目的地としたい場所を 2 回タッチすることで設定できる。その際にダイアログによる目的地設定の確認画面が表示され、Yes を押すと図 4 の画面に進み、No を押すと再度設定画面に戻る。Yes を押したときの図 4 の Map の中心は歩行者の現在位置とする。



図3 目的地設定画面

図4の画面はナビゲーションを行う画面である。図4のMapには同一目的地を目指す他者の移動速度と移動方向をベクトルによって表現したものを表示する。また画面下部のボタンを押すとナビゲーション機能が起動する。ナビゲーション機能がオフのときは図6左の状態だが、オンになると図4右のようにボタンが点灯するようになる。これによりナビゲーション機能がオンなのかオフなのかを見分けることができる。また画面上部のボタンを押すと目的地を再設定できるようになり、図3の画面に戻る。この時、図3のMapの中心は再設定する前の目的地とする。



図4 ナビゲーション画面

4.2 ナビゲーション機能におけるシステム構成

ナビゲーション機能はシステム構成はすべて端末上で行われる。ナビゲーション機能で行う作業を以下に述べる。

- 端末の位置情報を取得する
- 使用者と設定した目的地までの距離と方位を計算する
- 端末の向いている向きを調べる
- 使用者から目的地までの方位と端末の向いている向きが一致した際に距離に合わせて振動する

使用者から目的地までの距離を測るための方法として、2点の緯度、経度から距離 $d[m]$ を算出可能なヒュベニの計算式を利用する。目的地までの方角の算出方

法には、2点間の緯度、経度から方角を求める逆正接関数を利用する。

端末の向いている向きはスマートフォンに搭載されているモーションセンサーを用いることで取得する。そこで取得した方位と、逆正接関数を用いることで算出した方位が一致したときに、端末が振動するように実装した。距離に対する端末の振動パターンは表2に記載している。

4.3 他者認識機能におけるシステム構成

他者認識機能のシステム構成は、大きく「サーバ側」と「端末側」に分類される。

サーバ側の作業を以下に述べる。

- 端末の位置情報を収集し、データベースで管理を行う
- 端末からデータのリクエストがあった時に、適切なデータをXMLに整形して端末にレスポンスを返す

端末側の作業を順に述べる。

- 現在の位置情報をサーバ側にアップロードするとともに同一目的地を目指す他者の情報をリクエストする
- サーバから同一目的地を目指す他者の情報をXML形式で受け取る
- XMLデータの解析を行う
- マップ上に表示する端末を選別する
- 選別された端末情報をマップ上に表示

サーバへの通信はHTTP通信を利用する。データのアップロードとサーバへのリクエストは同時に行っている。端末側で処理が終了し次第、再度サーバへの位置情報のアップロードとデータのリクエストを行う。

マップ上に表示させる他者は、使用者から目的地までの距離を半径とした円上に存在する他者のみとする。しかし、マップ上に表示させる他者の選別を端末側で行うため、端末側での作業が増え、マップへの反映に時間がかかってしまい、他者情報をリアルタイムに表示することができない。その解決法として、選別をする際に使用者の近くの他者の情報は記憶しておく。そうして次にサーバからデータを読み込んだ際にそれらの他者情報は、選別することなくマップ上に表示する。そうすることで、より使用者にリアルタイムに他者情報を提供できるようにする。使用者の近くの他者の定義は、使用者から目的地までの距離の半分の円上にいる他者とする。

使用者と他者の距離を測るための方法として、ナビゲーション機能でも用いたヒュベニの計算式を利用す

る。

システム構成のまとめとして他者情報取得機能のシステム構成イメージを図5に示す。

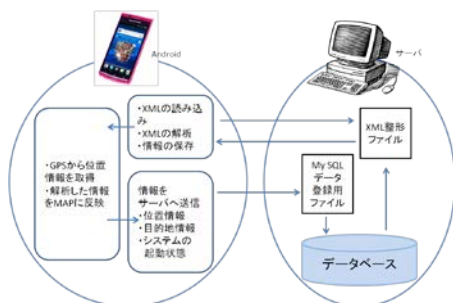


図5 他者認識機能のシステム構成イメージ

4.4 システムのまとめ

本稿のシステムが持つ機能により、どのような効果があるかを次にまとめる。

- ナビゲーション機能
 - 視覚情報を必要とせず目的地情報を把握できる
- 他者認識機能
 - 使用者が目的地までの最適なルートを選択することができる
 - 現在の地図情報を取得することができる

2章で述べた3つの問題のうち、ナビゲーション機能によって問題3を、他者認識機能によって問題2を、そしてその二つの機能を組み合わせることで問題1を解決することができる。

4.5 システムの評価

本システムの評価方法として、Android ユーザに実際にこのアプリを利用してもらい、アンケートを行う方法が挙げられる。アンケートの内容は、本システムの利便性、操作性を問うものとして作成する。また「他者の情報がルート選択の際にどのような影響を与えたか」、「他者の行動から現在の地図情報を知ることができたか」といった項目を加え、同一目的地を目指す他者の行動が歩行者のルート選択の際の手助けになったかどうかという点についても評価を行う必要がある。これらの点を考慮しつつ、本システムの有効性を評価する。

5. まとめと展望

本稿では、同一目的地を目指す他者の情報を与えることで、歩行者が他者の状況から現在の地図の情報を自ら判断できる地図を開発し、その地図を利用して、歩行者が目的地までの最適なルートを選ぶことができ

るナビゲーションシステムの提案、開発した。本システムの目的は、「歩行者の多様な選択肢に対応したナビゲーションシステムの開発」をすることによって、歩行者が目的地までの最適なルートを自分で選べるようになることである。また今回用いた地図は他者情報を利用した今を表現する新しい電子地図なので、この地図を用いた様々なサービスが展開されることが期待できる。

今後はシステムの評価を行うとともに、このようなタイプの地図や、ナビゲーションの使い道や、利用者が増加した際に社会に与えることかなどの考察も進めていく。

参考文献

- 1) 山岸敬弘, 戸川望, 柳澤政生, 附 辰夫: 屋内環境におけるユーザの経路嗜好調査とこれに基づく経路探索手法, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS Vol. 108, No. 171, pp. 31-36, 2008-07-21.
- 2) 松田三恵子, 杉山博史, 土井美和子: 歩行者の経路への嗜好を反映した経路生成, 電子情報通信学会論文誌, A, 基礎・境界, Vol. J87-A, No. 1, pp. 132-139, 2004-01-01.
- 3) 荒井亨, 戸川望, 柳澤政生, 大附辰夫: 屋内用歩行者ナビゲーションにおける歩行者の嗜好を反映させる経路探索手法, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS, Vol. 106, No. 266, 47-52, 2006-09-22.
- 4) パイオニア社ホームページ carrozzeria|サイバーナビ|カーナビゲーション: <http://pioneer.jp/carrozzeria/cybernavi/>.
- 5) 石川博: 集合知の作り方・活かし方 多様性とソーシャルメディアの視点から.
- 6) 国土交通省: ハイブリッド車の静音性に関する対策検討委員会, http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk7_000002.html.
- 7) 福本雅朗: 24 時間ニューロヨクデキマスか? : Wearable なインタフェース, 情報処理, Vol. 41, No. 2, pp. 123-126, 2000-02-15.
- 8) 塚田浩二, 安村通晃: Active Belt: 触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構, 情報処理学会論文誌 Vol. 44, No. 11, pp. 2649-2658, 2003-11-15.
- 9) 長岡哲郎, 矢内裕之, 長谷川孝明: 上腕部での振動により歩行者道案内を行う WYSIWYAS 案内バンドについて, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS, Vol. 106, No. 616, pp. 37-42, 2007-03-21.
- 10) 古賀広昭, 永野留美子, 清田公保, 下塩義文, 小山善文: 腕につけた振動モータによる音楽情報伝達方法, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 24, No. 28, 9-16, 2000-04-14.