

M-058

## 観光のためのパーソナルナビゲーションシステム P-Tour の携帯端末上への実装と評価

### Implementation and Evaluation of Personal Navigation System for Tourism on Portable Computing Devices

永田 宗伸<sup>†</sup> 白石 貴之<sup>†</sup> 村田 佳洋<sup>†</sup> 柴田 直樹<sup>‡</sup> 安本 慶一<sup>†</sup> 伊藤 実<sup>†</sup>

Munenobu Nagata Takayuki Shiraisi Yoshihiro Murata Naoki Shibata Keiichi Yasumoto Minoru Ito

#### 1. はじめに

近年の PDA などの携帯端末の高性能化, GPS ユニットの小型化, 無線 LAN や PHS, 携帯電話などの無線通信手段の普及により, 携帯端末上を用いたパーソナルナビゲーションシステムが注目を集めている。

我々は, 観光を目的としたパーソナルナビゲーションシステム P-Tour[1, 2] を提案している。これは, 複数の目的地を様々な時間制約のもとに巡回する観光スケジュールを作成する機能と, そのスケジュールに沿って経路案内を行う機能から成っている。

本稿では, P-Tour のナビゲーション機能を実装するために必要なスケジュールミス検知アルゴリズムを提案する。提案アルゴリズムは, ユーザが道を間違えたり予定より遅れた場合を検知する。提案アルゴリズムを実装し, 評価実験を行った。

#### 2. P-Tour の概要

P-Tour は, 携帯端末上で実行されるクライアントモジュールとインターネットに接続された PC 上で実行されるサーバモジュールから構成される。なお, サーバから地図および推奨観光候補地が納められたデータベースが参照できるものとする。

P-Tour は, クライアントモジュールを通して, ユーザに, 観光スケジュール作成機能とスケジュールに沿ったナビゲーション機能を提供する。

##### 2.1 観光スケジュール作成機能

本機能の目的は, 複数の観光候補地の中から, 与えられた制約を満たし, かつ, もっとも満足度が高くなる目的地の集合とそれらを巡回する経路を求めることである。この制約は, 到着および滞在時間の指定などである。

ユーザは, 観光候補地の追加・削除・変更を行ったり, 各候補地についての時間制約を変更し, スケジュールを再計算させるといった作業を繰り返すことによって, 納得の行くスケジュールを求めることができる。

経路の探索には, 遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた経路探索エンジンを使用している。

##### 2.2 スケジュールに沿ったナビゲーション機能

P-Tour は決定したスケジュールに従い, ユーザに GPS 機能を備えた携帯端末を介しナビゲーション機能を提供する。

ナビゲーション機能は, 「スケジュール表示モード」, 「移動モード」および「滞在モード」の 3 種類のモードを持つ。スケジュール表示モードでは, 現在の観光スケ

ジュールにおける, 全体経路の表示および進行状況, 以降の各目的地への到着予定時刻と滞在時間を携帯端末の画面に表示する。移動モードでは, カーナビのように, 現在地を中心とする地図と次の目的地への経路の表示を行う。滞在モードでは, 現在地での残り滞在可能時間と出発時刻の通知, 施設に関する情報などを表示する。なお, 移動モードと滞在モード間の切り替えは, GPS による位置情報および現在時刻から自動的に行われる。また, いずれのモードからでもスケジュール表示モードへの切り替えは任意のタイミングで実行できる。

#### 3. ナビゲーション機能の携帯端末上への実装

##### 3.1 スケジュール表示機能

スケジュール作成機能によって得られたスケジュール全体の地図上の経路を示す画像ファイルと, 目的地名のリストがサーバ上で作成され, 携帯端末に転送される。これらの情報をやりとりする機能およびユーザ端末に表示する機能を実装した。

スケジュール表示モードおよび移動モードで利用するために, 地図に経路を重ね書きした画像がサーバ上に用意される。この拡大地図は格子状に分割されており, 必要な部分だけを転送することにより通信量を削減している。

##### 3.2 スケジュールミスの検出機能

P-Tour では, 道路地図をグラフとして扱い, 道をエッジとみなす。道は直線の連結として扱われ, 連結部分がノードとみなされる。スケジュールを算出した段階で, すべてのノードの座標と通過予定時刻が計算され, これらのデータはクライアントにあらかじめ転送される。ここでノード  $i$  の座標を  $x_i, y_i$ , 通過予定時刻を  $t_i$  とする。

スケジュールミスは以下のアルゴリズム用いて検出される。時刻  $t$  でこの機能が呼び出されたとする。

1.  $t_i \leq t < t_{i+1}$  であるようなノード  $i, i+1$  を呼び出し, 以下の式を用いてその時刻における予定座標  $x_{\text{scheduled}}$  を算出する (移動速度は均一と仮定している)。ただし,  $x_i$  はノード  $i$  の座標ベクトルである。

$$x_{\text{scheduled}} = (x_{i+1} - x_i) \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} + x_i$$

2. GPS を用いて現在地の座標ベクトル  $x_{\text{current}}$  を計測する。
3.  $x_{\text{scheduled}}$  と  $x_{\text{current}}$  の間の距離 difference value を算出する。
4. difference value が  $\alpha$  以上  $\beta$  以下の場合, スケジュールミスの危険性があるとして警告を発する。ただし,  $\alpha$  は tolerance range の半径であり,  $\beta$  は warning range の半径である。 $\alpha$  と  $\beta$  は定数値で予

<sup>†</sup>奈良先端科学技術大学院大学, NAIST

<sup>‡</sup>滋賀大学, Shiga University

め与えられる.  $\alpha = \gamma_1 l, \beta = \gamma_2 l, \gamma_1 = 0.05, \gamma_2 = 0.1$  のように, 目的地間の移動距離に対する割合として指定しても良い. ここで  $l$  は目的地間の距離である.

5. difference value が  $\beta$  以上の場合, スケジュールミスと判断する.

このアルゴリズムは, 定期的 (例えば 60 秒毎) に, あるいはユーザの要求に従って呼び出される. スケジュールミス検出の概念図を図 1 に示す.

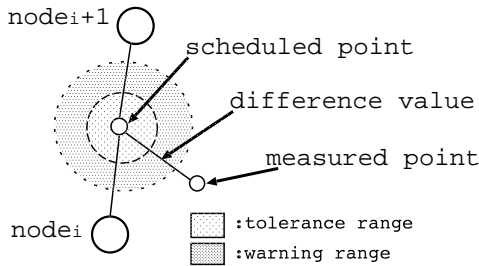


図 1: スケジュールミスの検出範囲

### 3.3 スケジュールの再計算機能

ユーザが希望したとき, あるいはスケジュールミスが検出されたとき, クライアントからサーバに再計算を要求する. このとき, 以下の項目を自動的に考慮する: (1) すでに巡回した目的地を目的地候補から削除する, (2) 現在位置を出発地点とし, 現在時刻を出発時刻とする. ただし, ユーザは能動的に inputs する事によって, 前述の項目を無視したり, 希望や制限を変更することができる.

## 4. 評価実験

3章で述べたアルゴリズムが現実の環境で適切に機能するか調査するため, 被験者に GPS 付携帯端末を持って, ある目的地間を実際に移動してもらうという実験を行った. 実験では, 国土院発行の数値地図 2500 (奈良県北部, ノード数 29871) を利用し, 目的地間 1056m (スーパーマーケット ~ NAIST) の想定移動速度を時速 6km/h として各ノードの通過予定時刻を計算した.

また, tolerance range, warning range の半径を 50m, 100m とした. これは目的地間の距離のそれぞれ 5%, 10% である. 警告およびスケジュールミス検出の両機能を確認するため, 被験者には, 警告音が鳴っても無視して進行してもらい, 経過時間に対する予定座標との誤差を計測した. また, 今回の実験は正しいルートに沿って進行してもらった.

各ノードの出発地点からの距離と予定通過時刻および, GPS で計測した被験者の移動距離と経過時間のグラフを図 2 に示し, 出発からの経過時間ごとの difference value のグラフを図 3 に示す. またこれらグラフには, 目的地間の想定移動速度を 7km/h および 8km/h と仮定した場合のグラフを付け加えている.

実験においては, 161 秒を経過した時点で警告が発せられ (difference value が 50 を越えた), 475 秒を経過した時点でスケジュールミスが検出された (difference value が 100 を越えた) (図 2). このことにより, 提案機能で予定座標から大きく離れた場合を検出できることが確認された.

図 3 において, いかなる速度設定に対しても difference value の値は変動し続けた. しかし 7km/h との誤差は終始 warning range の半径である 50m 以下であった. このことから, 提案アルゴリズムにおいて, tolerance range, warning range を適切に設定することにより信号待ちや坂道などに起因する速度変化の影響を吸収することができると考えられる.

また, 図 2 と図 3 を見比べると, 図 3 において予定された距離と被験者の移動距離が等しいにもかかわらず, 図 2 において difference value が 0 でない場合があった. これは GPS の誤差や, 地図上の経路と被験者の経路が異なる (車道と歩道など) ことなどが原因であると考えられる.

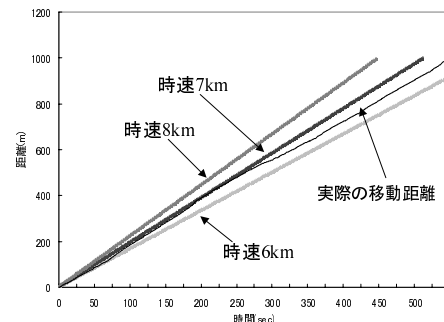


図 2: 移動距離の推移

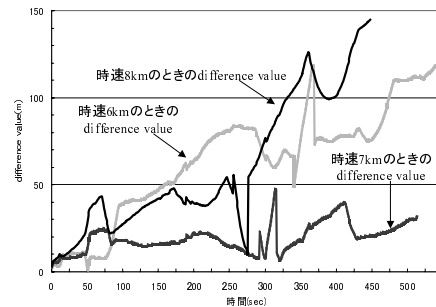


図 3: difference value の推移

## 5. まとめ

本稿では, P-Tour のナビゲーションシステムを実装するために必要なスケジュールミス検出アルゴリズムを提案した. また提案アルゴリズムを携帯端末上に実装し, 実際にスケジュールミスを検出できることを確かめた. 今後, スケジュールミスの種類を区別して検出し, それぞれに応じて適切な情報をユーザに提示する手法を提案し, 実装する予定である.

## 参考文献

- [1] Maruyama, A., Shibata, N., Murata, Y., Yasumoto, K. and Ito, M., "P-Tour: A Personal Navigation System for Tourism", to appear in 11th World Congress on ITS 採録決定.
- [2] 丸山, 柴田, 村田, 安本, 伊藤, "複数目的地を時間制約付きで巡回するための経路探索アルゴリズム", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DI-COMO2003) シンポジウム, pp. 469-472, 2003.