

## 位置と行動履歴に基づく 発車時刻自動提示システムの試作

田島孝治<sup>†1</sup> 大島浩太<sup>†2</sup> 寺田松昭<sup>†2</sup>

近年、携帯端末における位置情報の取得が容易になり、利用者の行動や位置に基づくサービスが提供され始めている。今回、日常の行動において利用する交通機関の発車時刻表を、位置情報を用いることで利用時の入力処理を不要とし、自動的に表示するシステムを試作した。本稿では、この試作システム実現における検討事項と、試作したアプリケーションについて述べる。また、試作したアプリケーションの動作検証を行ったので、その結果を報告する。

### Ondemand Timetable Display System using Present Location and Current Time

KOJI TAJIMA,<sup>†1</sup> KOHTA OHSHIMA<sup>†2</sup>  
and MATSUAKI TERADA<sup>†2</sup>

In this paper, we describe an automatic timetable display system. The location-based service has attracted much attention. By using user's location information, the service becomes more user-friendly and helpful for the user. We implemented a prototype location-based service system on the mobile phone. The proposed system selects transport timetables optimized by his/her context such as a location, a time entry. Using their context, users can get timetables that they need without any operation. We tried the system and report on the trial results.

<sup>†1</sup> 東京農工大学大学院 工学府 電子情報工学専攻

Tokyo University of Agriculture and Technology Dept. of Electronic and Information Engineering

<sup>†2</sup> 東京農工大学 大学院共生科学技術研究院 先端情報科学部門

Tokyo University of Agriculture and Technology Institute of Symbiotic Science and Technology

#### 1. はじめに

近年、日本において携帯電話への GPS 搭載が義務化され、利用者の位置情報を容易に取得可能な携帯端末が、身近な物となっている。これらの携帯端末は、従来の大型端末に比べ移動中の利用が容易であり、携帯電話網や無線 LAN を利用したインターネットへの接続も可能である。このため、位置情報を利用したサービスは多様化し、それぞれ発展を続けている。

位置情報を利用することにより、個人の生活や行動パターンに合わせたサービスを提供する可能性が示唆されている。このようなサービスは Context-aware Service と呼ばれ、様々な応用が期待されている<sup>1)</sup>。コンテキストには様々な種類があるが、位置情報をコンテキストとしたサービスは Location-aware サービスと呼ばれ、今後の発展が期待されている<sup>2)</sup>。

本論文では、位置情報を利用可能な携帯端末において、電車やバスの発車時刻を入力なしで自動的に提示するサービスの検討と試作を行う。発車時刻に代表される交通案内情報は、外出時において必要性が高く、これらの提示を行う従来システムが数多く開発されている<sup>3),4)</sup>。しかし、検索時に現在地や目的地を入力する手間が必要であり、初めての行く地域への移動経路の検索には利用するものの、日常的な行動において利用することは少ない。一方で、日常的な行動においても、乗り換え時の乗り継ぎ時間の把握や、より早く目的地に到着できる交通機関の提示は、時間の有効利用につながる有益な情報である。入力の手間が削減できれば、日常的にこれらのシステムを利用する機会が増えると考えられる。そこで、「日常的な行動」に着目し、最寄の駅やバス停における、自身が利用する路線の発車時刻を、現在位置と行動履歴に基づき自動的に選択し提示するシステムを開発した。さらに、通常の交通案内ではカバーしきれない、コミュニティバスなどの地域限定の交通機関に対応するため、利用者自身が自由に発車時刻を定義可能な設計とした。本システムの試作を通して、交通機関の発車時刻表示という用途における、行動履歴の学習方法と情報提示方法を検討する。

#### 2. システム概要

本論文で提案する発車時刻提示システムの概要を図 1 に示す。本システムの端末として、位置情報を取得可能な携帯端末を想定する。また、端末の利用者は勤務先から自宅といった移動時に、電車やバスなどの発車時刻が定期的に決定されている公共交通機関を利用するものとする。利用者は、帰宅途中に本システムを利用することで、勤務先から勤務先の最寄

り駅に向かう際には、最寄り駅のこれから発車する電車の発車時刻が自動的に提示される。最寄り駅は、測位システムにより取得した位置情報を利用し決定する。最寄り駅が決定しても、特定の駅から発車する電車は、複数の路線や方向を持つため発車時刻を提示するためには、適切な路線の選択が必要である。本システムでは、利用者の行動履歴と現在時刻を基に分析して各路線に優先度を決定し、最も優先度の高い路線を、発車時刻提示路線として自動的に選択する。また、利用者の現在位置と最寄り駅との距離から、最寄り駅の到着時刻を予想し、乗車可能な電車の発車時刻を決定する。この結果、利用者の端末には入力処理無しに、自身がいつも利用する路線の現在時刻に合わせた発車時刻が提示される。さらに、利用者が電車を利用し他の駅に移動した際にも、同様の提示情報を決定処理が行われ、提示される発車時刻は駅や路線に合わせ自動的に変更される。以上のように、利用者の日常の行動における発車時刻の提示に、手動による入力を必要としないシステムを構成する。

本システムが目標とする機能は以下の7点である。

- (1) 日常的に利用する駅における、交通機関の発車時刻を現在時刻に合わせ提示する
- (2) 発車時刻閲覧時の入力処理を一切不要とし、見るだけで交通機関の直近の発車時刻を提示する
- (3) 表示内容は利用者の状況に合わせて自動的に更新される
- (4) 端末の通信機能の利用は最小限とし、電力や通信コストを低減する
- (5) 行動履歴を基に利用する駅や路線を自動で識別する
- (6) 手動による時刻表の作成と端末へのコピー処理を出来る限り簡略化する
- (7) 運行状態の遅延情報など、緊急性の高い情報も必要に応じて提示する

### 3. 方式検討

#### 3.1 処理の自動化

移動する利用者の携帯端末に適切な交通機関の発車時刻を提示するには、以下の処理が必要となる。

- (1) 発車時刻の検索対象駅、路線、利用時刻の決定
- (2) 発車時刻を保持する他システムへの問い合わせ
- (3) 発車時刻の取得と携帯端末への保存
- (4) 携帯端末の画面サイズを考慮した、見やすい形式への加工と提示

本システムは、(1)および(2)の処理の自動化を検討する。(1)を実現する手法は、Context-awareに関する研究として、様々な方法が検討されている。これらの中から、発車

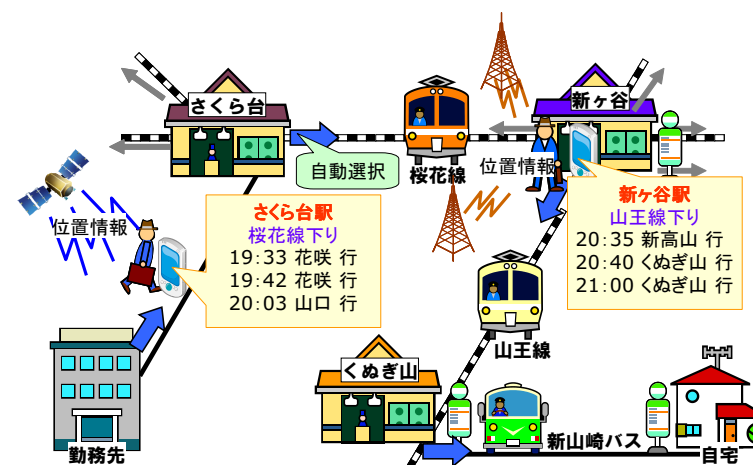


図1 システムの概要

Fig.1 An outline of the Proposed System

時刻を提示するために適切な方式を検討する(2)は本システムの特徴であり、コンテキストに基づきリクエストを自動化し、入力処理を不要とする。

#### 3.2 提示する情報の種類と特徴

本システムが提示する情報は電車やバスなどの発車時刻である。本システムで扱う発車時刻は以下の条件を満たす情報として定義する。

- (1) 特定の場所に関連付けられる

発車時刻は、電車における駅やバスにおけるバス停などの、特定の位置に関連付けられているとする。本論文では、これらの発車位置をまとめて「駅」と呼ぶことにする。

- (2) 発車時刻は方向別に設定される

一つの駅から発車する交通機関に、複数の進行方向がある場合には、各方向別に発車時刻を束ねる。交通機関の種類や目的地は備考として扱う。

- (3) 駅に設定された発車時刻は曜日に基づく

元日などの特定の日や、お盆など季節別に設定される追加の発車時刻を除いた、一般的な発車時刻は曜日にあわせて設定され、固定されているとする。

以上のように、一つの発車時刻が保持する情報は、対象となる駅名、路線および移動方向、駅からの出発時刻とする。電車やバスでは、備考として目的地である終点を記述する場

緯度	経度	駅名*	路線名*
35.681382	139.766084	東京駅	中央線 新宿方面
時	分	曜日	備考(メモ)*
4	39	124	普通 高尾行
6	6	124	快速 高尾行
... (発車時刻が続く) ...			

※ 2行目の内容は破棄される ※ \*の部分は任意に入力可能

図 2 提案システムが利用する時刻表の保存形式  
Fig. 2 Format of time tables

合もある。

この発車時刻を、駅および路線の単位で複数まとめたデータを、本システムでは「時刻表」と定義する。本システムでは時刻表を図 2 の形式でファイルとして保存する。1 行目と 2 行目はファイルのヘッダである。1 行目には、駅の位置情報と駅名、および時刻表の路線名を記入する。\* を付けた値は任意の書式で記入することが可能である。また、2 行目はデータ形式を明示するための行であり、内容は問わない。3 行目以降が発車時刻の表現フィールドであり、発車時刻に加え、発車する曜日と目的地などの備考を記述する。時、分のフィールドは発車時刻を 24 時間表記で記入する。また、曜日のフィールドは利用可能な曜日を 8 ビットの 2 進数で表現した値を、10 進数に変換し記入する。この際の 2 進数は 7 ビット目を月曜日、1 ビット目を日曜とした。8 ビット目は予備用であり常時 0 とする。時刻表は、駅やバス停など掲示や書籍、インターネットに記載された発車時刻を基に作成する。

通常、出発地と目的地を設定し交通経路を求めるシステムでは、提示される発車時刻は、経路にあわせ 1 種類に限定されることが多い。これに対し、時刻表を提示するサービスでは、現在時刻によらず全ての発車時刻を一覧で表示することが多い。本システムは、これらのシステムとは異なり、駅と路線を自動的に決定した後、時刻表から、現在時刻に合わせて搭乗可能な発車時刻を選択し、複数提示する。この、現在時刻に合わせて提示する発車時刻の表を、本論文においては「発車時刻案内表」と呼ぶ。

### 3.3 行動の予測方式

利用者の端末に「発車時刻案内表」を提示するためには、利用する駅と移動方向を決定する必要がある。本システムでは、時刻表の定義において駅を中心に設計したため、駅を決定した後移動方向を決定することにする。駅の決定は、利用する駅の絞り込み一度のみ利用者の意思を利用し、絞り込んだ駅から最終的に駅を決定する際に位置情報を利用する。

その後、各駅における路線と移動方向の決定に時刻情報を用いる。この結果、利用者の行動にあわせて「発車時刻案内表」の提示を実現することが可能になると考えられる。

駅の選定を 2 段階で行う理由は、計算コストと消費電力の削減を行うためである。利用者に対して提供する時刻表の駅の候補として、最寄り駅や乗り換え駅、到着駅などの選択肢がある。利用者の行動を細かく分析することで、次に必要としている駅が決定できる。一般に「発車時刻案内表」を提示する駅は、利用者の最寄り駅の可能性が高いと考えられる。しかし、都市部では駅間が狭く、徒歩で移動可能な範囲に複数の駅が存在することもある。このため、全ての駅の中から最寄り駅を選択すると、利用しない駅が毎回選択される可能性がある。さらに、全ての駅について距離計算を行い最寄り駅を判断する方法は、計算コストが大きい。計算コストが大きい処理は、小型端末では負荷が大きく、結果を得るまでの処理時間が大きくなる可能性がある。また、毎回外部システムへ位置情報を送信し処理を委託すると、消費電力が大きくなり、端末の稼働時間が減少する点が問題となる。本システムでは、定常的な行動における「発車時刻案内表」の提示を目標としている。定常的な行動において、利用する駅は複数存在するが、不特定多数ではなくいくつかの駅に限定される。そこで、事前に利用する駅を手作業で利用路線などから絞り込み、絞り込んだ候補駅から最寄り駅を距離計算で求める 2 段階の方式で行う。この方式により、端末の負荷を軽減し、予測間違いの発生を抑制する効果が期待できる。設定処理は携帯端末だけでなく、一般的の固定端末を用いることも可能とする。さらに、携帯端末で取得した位置情報の履歴から、候補となる駅を事前に提示することで設定の複雑さを軽減する。

以上の方式により利用する駅を決定した後、各駅における利用路線と移動方向の決定を行う。特定の駅における利用路線と移動方向は、朝と夕方では反対方面になるなど、時刻に基づき決定されることが多い。このため、駅における移動方向にそれぞれ利用する時間帯を設定し、提示情報を制御する。

本システムでは、時刻表の提示における操作を不要にすることを目的としている。このため、表示情報の更新は、最寄り駅の変化や時刻の変化に基づいて自動的に行う必要がある。ただし、不要な駅および路線が選択され、必要な駅の「発車時刻案内表」が提示されなくなることを避けるため、提示された「発車時刻案内表」に対し、利用者が明示的に利用しないことを宣言することを可能とする。

### 3.4 位置情報取得方式

移動端末の位置情報測位方式は、屋内外で様々な技術が検討されている。図 3 に精度と場所による位置取得方式の違いを示す。屋外における測位方法は、船舶等の用途としてビー

コンを用いる場合もあるが、携帯端末向においては、衛星からの電波を用いた GPS が一般的である。GPS 測位は追加技術の組み合わせにより測位精度を変更することが可能であり、様々な用途で使われている<sup>5),6)</sup>。一方、屋内の測位方式としては、RFID や無線 LAN を用いることが多い。また、屋内外を問わず利用可能な方式が、携帯電話や PHS 網を用いるものである。これらの測位方式は、端末がどのアクセスポイントに接続しているかにより位置を判断する。そのため、一般的に通信範囲に依存した測位精度を持つ。近年では、精度向上のために、複数のアクセスポイントへの接続状況を利用している場合もある<sup>7),8)</sup>。また、公衆無線 LAN や一般家庭の無線 LAN アクセスポイントが普及したため、これらの電波マップを用いて屋外で測位する方式も提案されている<sup>9)</sup>。

本システムでは、位置情報は最寄り駅の選択に用いる。ただし、駅の事前の絞込みを行っているため、100 m 程度の誤差は許容範囲となる。しかし、携帯電話などのバッテリー駆動であり、稼働時間に制限がある機器を想定しているため、消費電力を抑える必要がある。本システムで利用する測位方式は、GPS、無線 LAN、携帯電話・PHS 網の 3 種類から検討し、携帯電話・PHS 網を利用した測位方式を採用した。ただし、機器の搭載状況に応じて、精度の不足を補う場合に GPS を追加で可能とする。以下に、その理由を述べる。

GPS を利用する場合、高精度かつ、高頻度で位置情報を取得できるため、行動履歴の解析に有効であると考えられる。しかし、通信機能とは別にデバイスを動作させるため、消費電力の増加が問題となる。また、高頻度な測位によって端末の稼働時間が短くなる問題がある。さらに、地下鉄の駅構内などの屋内では GPS は利用出来ないため、別の測位方式を併せて利用する必要がある。追加デバイスとして GPS が必要という問題は、今後の携帯端末の進化により、GPS が標準的に搭載されることで解決すると考えられるが、測位間隔については検討する必要がある。

無線 LAN の測位方式を利用する場合は、屋外に対応させた拡張が必要である点と、GPS や携帯電話網に比べ消費電力が大きい点が問題となる。また、携帯端末の種類によっては別のデバイスが必要になる場合もあるが、高速なインターネット接続へのニーズから、無線 LAN に対応した機器の発売が始まっており、今後無線 LAN を搭載した端末は普及していく可能性は高い。しかし、無線 LAN を測位のためだけに利用することは電力消費の点から問題がある。

携帯電話や PHS 網を用いた測位方式は、GPS や無線 LAN に比べ、測位精度が劣るといえる問題がある。しかし、屋内外を問わず利用できる点や、消費電力が無線 LAN に比べ小さい点が利点である。携帯端末によっては別デバイスとなる可能性もあるが、本システムでは

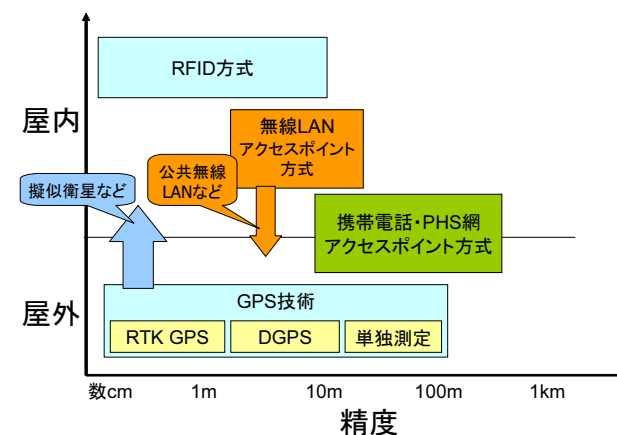


図 3 精度と場所による位置取得方式の違い  
Fig. 3 Difference of positioning systems

利用端末として携帯電話を想定しているため、携帯電話網を利用できない可能性は低い。このため、本システムにおける測位方式として、最も適していると考えられる。ただし、測位結果を自由に取得して、利用できるかは機器固有の問題がある。

### 3.5 留意すべき点

電車やバスなどの発車時刻を扱う上で、一般に掲示されてる時刻表の利用については注意を払う必要がある。これら交通機関の発車時刻は、データとしては事実を記述しただけのものであり、著作権法の保護対象外である(著作権法 第十条の2)。しかし、電車やバスなどは社会インフラとして重要な役割を担っており、悪意のある利用者により故意に変更された時刻表を公開されると、社会的な不利益が生じる。また、交通事業主が運行内容を変更し発車時刻が変更された場合、個人が持つ発車時刻の情報の更新を全て確認することは不可能である。これらの点から、交通事業主は発車時刻のデータを、個人が複製し公開することを原則として禁止していることが多い。さらに、発車時刻を機械的に検索可能にしたデータベースや、時刻表の表組みなどの表現形式は、著作権法で保護されているため、発行者の許可なしに利用することはできない(著作権法 第二条 十の三)。これらを考慮すると、本システムで利用する時刻表は、信頼できるサイトや交通事業主、駅での掲示から個人が直接作成し個人的に利用することが妥当であり、システムがこれらのデータを自動配布する方式については十分に検討する必要がある。



## 4. 実装

### 4.1 システム構成

本実装では 2 章で挙げた機能の中で ( 1 ) ~ ( 3 ) について実装し ( 4 ) については部分的に実装を行った。

### 4.2 モバイル端末用アプリケーション

設計に基づくモバイル端末用のアプリケーションを、表 1 の環境で試作した。試作アプリケーションでは、PHS 端末である W-ZERO3 を利用し、PHS 基地局からの位置情報を取得する方式で測位を行った。アプリケーションのモジュール構成を図 4 に示す。システムは、定期的に通信装置を用いて基地局から位置情報を取得する。測位結果は、時刻表管理モジュールに引き渡され、端末内に保存されている時刻表と比較し、候補駅との距離計算が行われる。その後、行動履歴と現在時刻を利用し、時刻表から適切な部分を抽出し「発車時刻案内表」を生成、GUI 上に表示する。これらの処理は自動的に実行し、利用者は端末の操作を行う必要なく、「発車時刻案内表」の閲覧が可能となる。

GUI に提示される「発車時刻案内表」と、行動履歴に基づく路線設定の確認画面を図 5 に示す。「発車時刻案内表」は路線別に最大 2 種類まで表示可能である。距離計算の結果から到着までの時間を推定した結果が「発車時刻案内表」には反映されている。路線設定画面は、提示結果が意図しない場合に変更するための画面であり、駅と路線別に、時刻表を優先的に利用する時刻を確認したり編集することが可能である。

### 4.3 時刻表追加管理用アプリケーション

本システムでは、端末に時刻表を保存することで、利用駅の絞り込みを行っている。時刻表は CSV 形式で図 2 の要素を持ち、事前に利用者が端末へ保存する。適切な時刻表の端末への保存が、システムを有効利用するために重要である。そこで、以下の 2 種類の時刻表作成補助ツールを作成した。

表 1 実装環境

Table 1 Prototype platforms

端末	W-ZERO3[es] ( WS007SH ) Advanced[es](WS011SH)
OS	Windows Mobile 5.0 以降 ( .NET Compact Framework 2.0 が必要 )
開発言語	C#

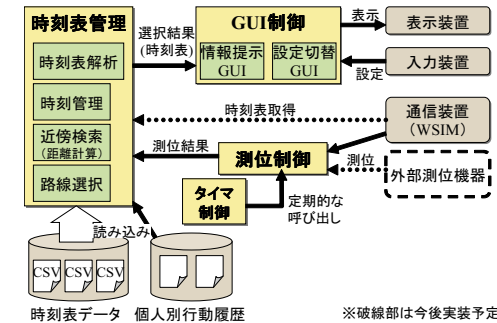
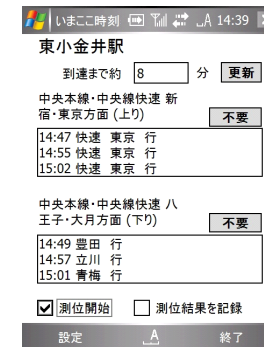


図 4 モジュール構成

Fig. 4 Implemented modules

### ※ 時刻表提示画面



### ※ 路線設定画面

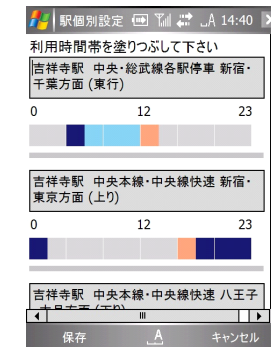


図 5 モバイル端末用アプリケーション

Fig. 5 Create Feature Point

## (1) 時刻表チェックツール

一般的なソフトで CSV ファイルを作成した場合、手動入力による記述ミスが発生する場合がある。このツールを使うことで、時刻表として入力されたファイルの書式が正しいかをチェックできる。また、モバイル端末で利用する文字コードに合わせ、ファイルの文字コードを変換する。

## (2) 時刻表記入補助ツール

本システムの持つ時刻表のフォーマットは計算機で扱いやすい書式を優先したため、発車時刻は全て時・分の形式で入力する、曜日の設定が2進数表記に基づくなど手動の入力には手間のかかる部分が多い。本ツールを使うことで、これらの入力の手間を削減し、Web上の表を簡単に入力可能とする。

現在、行動履歴から駅を選択し必要な時刻表の雛形を作成するツールと駅名に基づく発車時刻データの共有を行うツールを作成中である。ただし、時刻表の共有には検討事項で述べた問題があるため、実現は可能であるが、方法について十分に考慮する必要がある。

## 4.4 動作検証

試作したシステムを著者を含む3名の利用者に配布して、動作検証を行った。日常の行動における最寄り駅の選択は、事前に乗車駅、乗換駅およびバス停の時刻表を入力してもらうことで絞り込みを行った。この結果、PHSの基地局レベルの精度の位置情報のみで、GPSによる高精度な測位を用いる必要なく、対象駅の自動的な選択が可能である事を確認した。また、発車時刻が密である電車のニーズよりも、時間帯に発車時刻が依存し、疎であることが多いバス発車時刻が知りたいというニーズが大きいことが明らかとなった。局地的に運用されているバスの時刻表は、Webで公開されていないことも多いため、現状では利用者自身が作成しなければならない。利用する時刻表は端末にのみ保存されるため、時刻表の追加や、既存時刻表にメモを自由に追加することは可能であるが、データの作成は手間のかかる作業であるため、この処理を軽減する手法の検討が必要である。

さらに、システムに追加すべき要素として、次の乗り換え駅を判断して所要時間の算出、電車内と徒歩といった移動速度を考慮した状況の判断、発車時刻までの所要時間が長い場合には、表示する路線の優先度を変更する方式の検討などが必要なことが明らかとなった。

## 5. まとめ

本稿では、位置情報を用いて日常的な外出時に、電車やバスの発車時刻を自動的に提示するシステムを試作した。提案システムは、位置情報を取得可能な携帯端末を利用して動作

する。位置情報を用いて最寄り駅の設定を行い、行動履歴に基づき路線を決定することで、利用者の入力処理を不要とする「発車時刻案内表」の提示を実現した。

自身の行動履歴から利用する駅を事前に絞り込み、位置情報に基づいた最寄り駅を選択することで、位置情報の精度に誤差100m程度でも、利用する駅を高速に決定することが可能となった。また、利用者の行動履歴を時刻単位で管理し、利用する路線の自動的な選択も可能とした。

提案システムを携帯端末に実装し、PHS網を利用した測位と行動の学習により、現在の位置と時刻を考慮した発車時刻の自動提示が実現できることを確認した。

今後の課題としては、時刻表の入力処理の簡易化と既存のサーバ等を利用した、運行遅延などのリアルタイム情報の反映方式の検討が挙げられる。

謝辞 本研究の一部は、共生情報工学推進経費の助成を受けている。

## 参 考 文 献

- 1) T.P. Moran, P. Dourish: Introduction to This Special Issue on Context-Aware Computing, Technical report, Special Issue of Human-Computer Interaction (2001).
- 2) I.A. Junglas, R.T. Watson: LOCATION-BASED SERVICES Evaluating user perceptions of location-tracking and location-awareness services, Vol.51, No.3, COMMUNICATIONS OF ACM, pp.65-69 (2008).
- 3) 株式会社駅探: 駅探WEB, <http://ekitan.com/>.
- 4) 株式会社ナビタイムジャパン: NAVITIME, <http://www.navitime.co.jp/>.
- 5) 高精度衛星測位システムに関する調査研究会: 高精度GPSの展望, 日刊工業新聞社 (1995).
- 6) 安田明生: GPSの現状と展望, 電子情報通信学会誌, Vol.82, No.12, pp.1207-1215 (1999).
- 7) M. Aatique: Evaluation of TDOA Technique for Position Location in CDMA System (1997).
- 8) A.M. Ladd, K.E. Bekris, A. Rudys, G. Marceau, L.E. Kavasaki, D.S. Wallach: Robotics-Based Location Sensing using Wireless Ethernet, The Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom) (2002).
- 9) 暦本純一, 塩野崎敦, 末吉隆彦, 味八木崇: PlaceEngine:実世界集合知に基づくWiFi位置情報基盤, インターネットコンファレンス 2006, pp.95-104 (2006).