

料金所データを使用した走行所要時間予測システム

Travel Time Prediction System Using Tollgate Data

大場 義和

OHBA Yoshikazu

上野 秀樹

UENO Hideki

桑原 雅夫

KUWAHARA Masao

近年、道路交通管制システムでは、所要時間情報が重要視されてきている。現行では、所要時間情報は、センサ(車両感知器)データを基に作成されており、渋滞時及びその前後の精度改善が求められている。また、ITS(高度道路交通システム)の研究も活発に進められており、ETC(ノンストップ自動料金収受システム)も実用段階となってきた。

このような背景から、われわれは、料金所データを用いて高精度の所要時間予測を可能とする手法を開発した。開発した手法を有料道路に適用することで、新規センサを導入することなく所要時間情報を提供することが可能である。

Travel time information has recently become very important in traffic control systems. There is a need for improved precision of travel time information during periods of traffic congestion, which is now calculated by sensor data such as traffic counter data. At the same time, active research in the field of Intelligent Transport Systems(ITS) has brought the Electronic Toll Collection(ETC) system to the level of practical application.

Considering these conditions, we have developed a high-precision travel time prediction system using tollgate data. Application of this new system makes it possible to provide travel time information without the installation of new sensors.

1 まえがき

全国的規模でITSの研究開発が進められているなか、道路交通システムでは、ドライバーへの提供情報として渋滞に関する情報の重要性が高まっている。特に所要時間情報は、もっとも重要な情報の一つと考えられている。

この所要時間情報に関しては、現在、路側に設置されているセンサ(車両感知器など)のデータを利用し情報を作成する場合が多い。この場合、センサが密に設置されていない路線では、所要時間情報の提供が困難となる。また、渋滞時間帯における精度向上の要望も高い。一方、高速道路では、ETCの全国展開が進められている。

このような背景の下、高速道路を対象に、料金所データを使用することで、センサデータを利用しない走行所要時間の予測手法として二種類の手法を開発した。一つは類似パターン検索を用いた手法であり¹⁾、もう一つは累積交通量の概念を用いた手法である²⁾。なかでも類似パターン検索を用いた方法は、実際の路線データを使用した検証で高精度の予測結果が得られている。

ここでは、料金所データを利用するための前処理方法とともに、類似パターン検索を用いた所要時間の予測手法について述べる。

2 対象道路と料金所データの前処理

対象路線は高速道路などの有料道路とし、出口料金所で出入口料金所のID(Identification)、出入口料金所の通過時刻、車種、という3種類のデータ(料金所データ)を入手することができるものとする(図1)。出入口料金所の通過時刻がわかれば、これらから所要時間の実績値を求めることができる。これは、所要時間の実績値としてはもっとも信頼できるデータと言える。

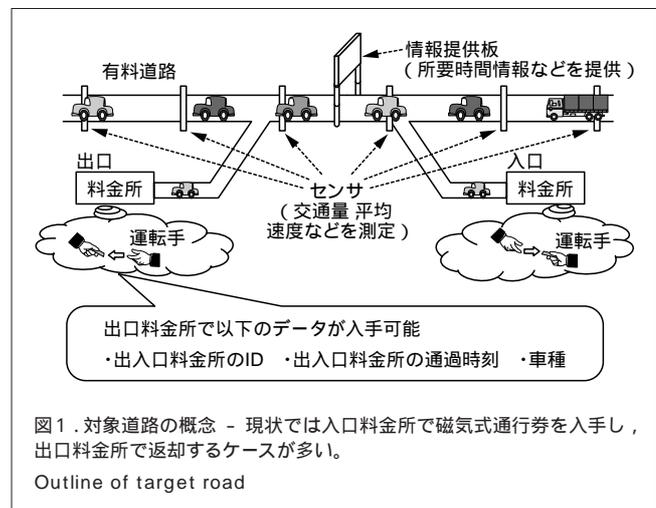
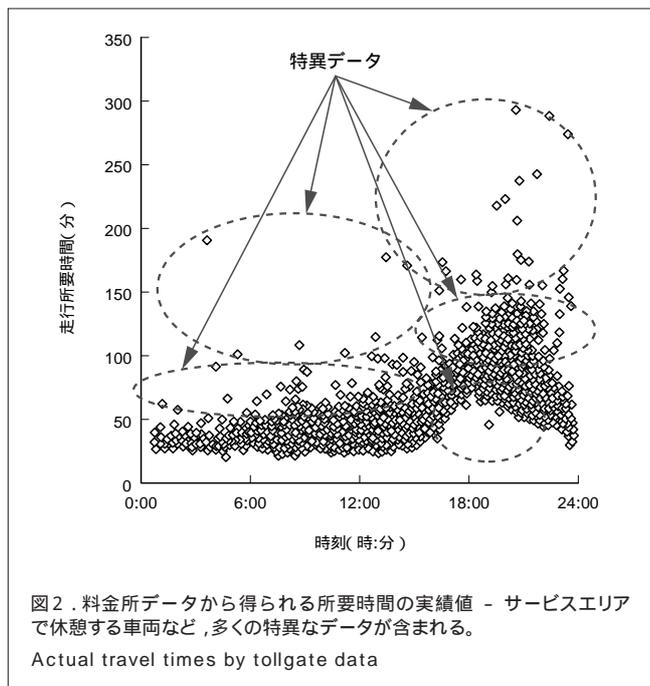


図1. 対象道路の概念 - 現状では入口料金所で磁気式通行券を入手し、出口料金所で返却するケースが多い。

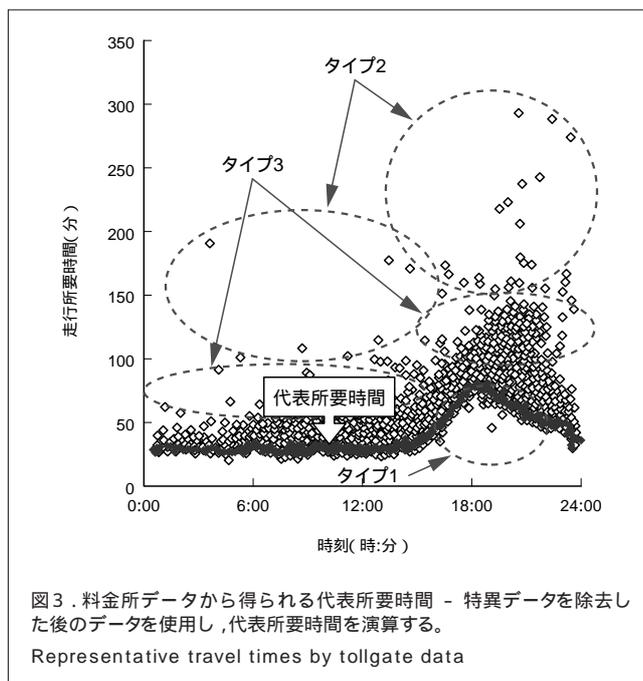
Outline of target road

これらの料金所データは、磁気式通行券やETCから得ることが考えられるが、今回の手法の検証では、磁気式通行券から得られたデータを利用している。磁気式通行券などから得られた料金所データを所要時間の実績値演算に使用する場合、休憩所で長時間休憩している車両などの特異なデータが含まれることに注意が必要である(図2)。



このような特異データがあるため、料金所データから得られた所要時間の実績値は、そのままでは予測演算に使用することが困難である。したがって、この料金所データから得られる所要時間の実績値に対し、事前に統計的な前処理により特異データの除去を行う。特異データの除去に関しては、特異データを三つのタイプに分け、それぞれの特徴を考えて、以下の手法で除去を行った。

- (1) タイプ1: 極端に短い走行所要時間 主に渋滞時に路肩を走行する二輪車などのデータがこれに当たり、最初にこれらのデータを除去した。
 - (2) タイプ2: 極端に長い走行所要時間 サービスエリアで休憩のため長期停車した車両などのデータがこれに当たる。これに関しては、度数解析後、ルールベースのアルゴリズムを使用して除去した。
 - (3) タイプ3: 通常の分布から離れている走行所要時間 高速度や低速度での運転を好むドライバーのデータなどがこれに当たる。これに関しては、タイプ2のデータ除去後のデータを対象としている。この場合、クラスタ分析などの統計学的手法を使用して除去した。
- 以上の手法で特異データを除去した後のデータを使用し、

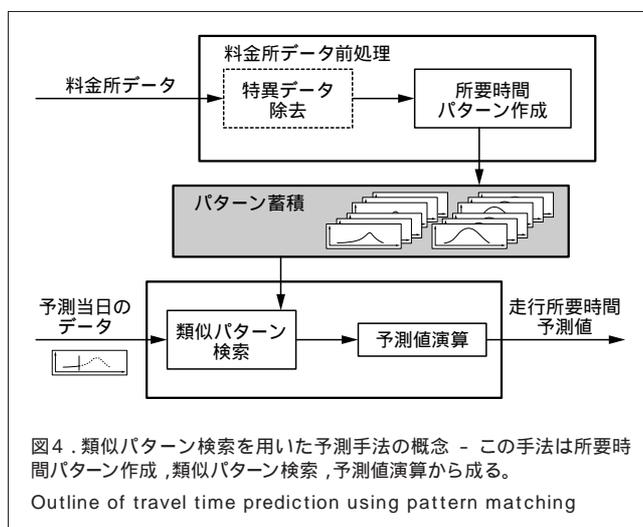


代表的な所要時間(以下、代表所要時間と呼ぶ)を演算する(図3)⁽³⁾⁽⁴⁾。予測手法では、この代表所要時間を利用する。

3 類似パターン検索を用いた走行所要時間の予測手法

ここでは、所要時間の予測に類似パターン検索手法を利用している。この方法は、過去の所要時間の推移を日ごとにパターンとして蓄積しておき、これと比較し、予測当日にもっとも類似したパターンを抽出後、予測値演算に利用するものである。

この手法は、大きく所要時間パターン作成機能、類似パターン検索機能、予測値演算機能から成り立つ(図4)。



3.1 所要時間パターン作成機能

所要時間パターン作成機能では、1日の所要時間の推移データが蓄積された場合に、所要時間パターンを作成し、これを過去のデータとして蓄積する。所要時間パターンの作成に関しては、2章で説明した代表所要時間にフィルタリング処理を施すことでパターンを作成している(図5)。

3.2 類似パターン検索機能

所要時間パターン作成機能で作成・蓄積された過去の所要時間パターンを用いて、類似パターン検索を行う(図6)。類似パターン検索は、予測当日の予測時点までに得られるデータを用いてステップ1～ステップ3の手順で処理を行う。

(1) ステップ1: 二乗誤差の演算 予測当日のデータと所要時間パターンとの二乗誤差を、サンプル時間ごとに演算する。予測当日のデータは、比較用に予測時点から数時間程度前までのデータを使用する。また、二乗誤差は、蓄積されているすべての所要時間パターンを使用して、すべての時間帯に対し演算する。二乗誤差は、比較用の予測当日データに対応するデータ分を合計し

ておく。

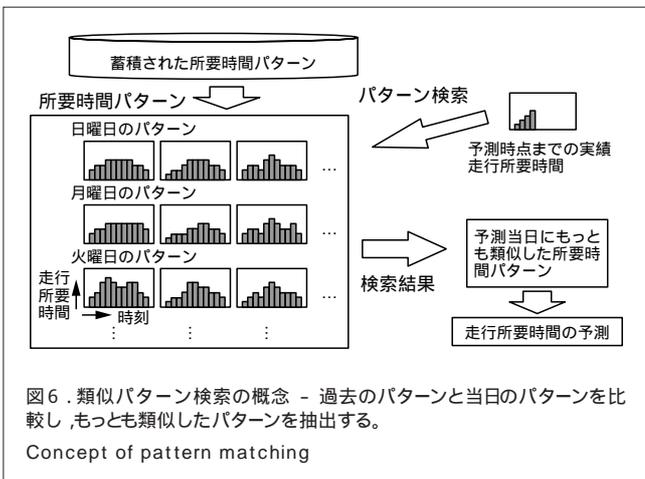
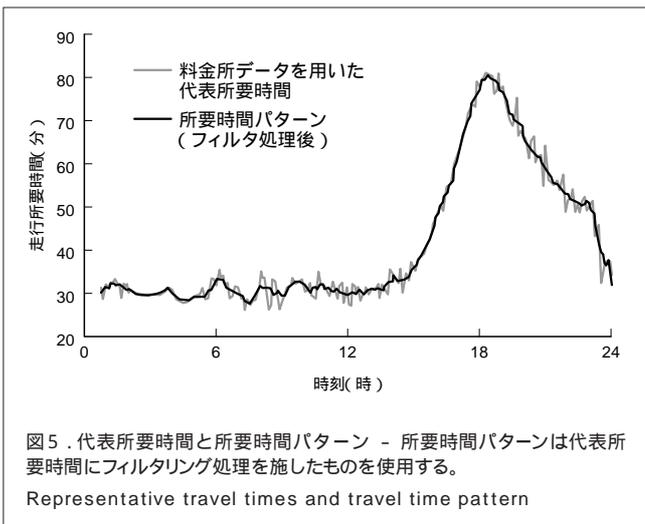
(2) ステップ2: 類似パターンの候補の抽出 ステップ1で演算した二乗誤差の合計を基に、予測当日のデータに類似した所要時間パターンの候補を抽出する。ここでは、二乗誤差の合計が小さいほうから数パターンを候補として抽出する。

(3) ステップ3: 類似パターン候補の絞込み ステップ2で抽出されたパターンの候補から、当日の予測時点の時間帯を考えパターンの絞込みを行う。この時間帯での絞込みを終えた後のパターンの中から、二乗誤差の合計が最小のものをもっとも類似したパターンとする。

このように類似パターン検索を行う場合、過去のパターンとの比較を行うため、あらかじめ比較の対象となるパターンを多数蓄積しておくことが理想である。しかし実際には、様々な事情により、少数のパターンによる実施を迫られるケースも考えられる。このような場合には、所要時間パターン蓄積時に正規化処理を施したり、類似パターン検索を容易とするために、所要時間パターンに多項式近似フィルタを施すなどの改良で対応している。この際に正規化処理を行うにあたっては、類似パターン検索時に、予測当日データと所要時間パターンデータのスケール合せの処理を追加している。

3.3 予測値演算機能

類似パターン検索機能で抽出された予測当日データにもっとも類似した所要時間パターンを使用して、走行所要時間の予測値を演算する。この段階では、利用する料金所データは、出口料金所通過時に得られるデータであることに注意が必要である。ドライバーに提供する所要時間情報としては、入口料金所を通過する出発時点に、目標である出口料金所までの所要時間の予測値が望まれる。したがって、抽出された所要時間パターンを、入口料金所の通過時刻順に変換し、予測時点に対応する値を予測値とした。また、実際の所要時間の変化量に基づき、予測値変化量の制限を考えることで、より精度向上を図った。



4 検証結果

提案した類似パターン検索による走行所要時間の予測手法を用いて、あらかじめ実際の高速道路から入手した料金所データを使用し、オフラインで検証を行った。検証には、表1に示す路線における料金所データを使用した。

平日の走行所要時間の予測例を図7に示す。予測例では、類似パターン検索に利用する所要時間パターンが少なく、予測には、たかだか18の所要時間パターンしか利用できなかった。ここで、3章で述べた所要時間パターンの正規化などの対応により、渋滞時の誤差の83%が±5分以内に収まり、98%が±10分以内という精度が実現できた。

表1. 予測手法検証用路線の概要

Outline of target road for verification

項目	内容
対象路線全長	約56km
休憩所	P.A. x 2, S.A. x 1
非渋滞時の所要時間	約34分
使用した所要時間パターン	平日: 10 土曜: 2 日曜: 4 祝日: 2

P.A.: パーキングエリア S.A.: サービスエリア

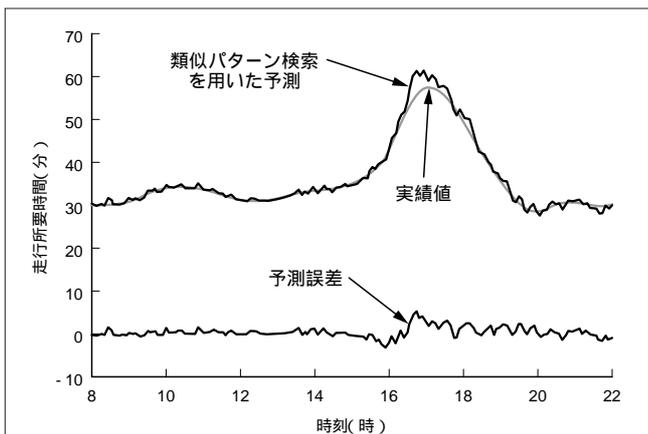


図7. 類似パターン検索による走行所要時間の予測例 - 類似パターン検索による予測手法で十分な精度の予測ができた。

Example of travel time prediction using pattern matching

5 あとがき

ここでは、料金所データを使用した走行所要時間の予測手法として、類似パターン検索を使用した手法に関し、その詳細と検証結果を述べた。検証結果からは、従来は予測が困難であった渋滞時近辺の時間帯で精度向上が確認できた。

所要時間の情報提供システムとしては、ここで紹介した手法を用いることで、センサが設置されていない路線でも、低コストでオンラインによる走行所要時間の予測値の提供が可能となる。また、料金所データのみを使用しているため、ETCへの応用も容易である。更に、将来的には、所要時間の予測情報の提供手段として、情報板だけではなく、路車間の通信設備、インターネット端末、携帯電話による情報提供も可能と考えている(図8)。

今後はよりいっそうの精度向上を目指し、予測手法の改良を進めていく。

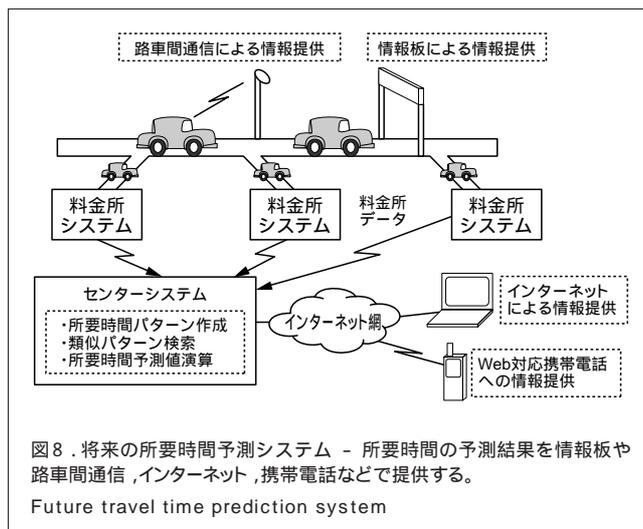


図8. 将来の所要時間予測システム - 所要時間の予測結果を情報板や路車間通信、インターネット、携帯電話などで提供する。

Future travel time prediction system

文献

- (1) 大場義和,ほか.“料金収受システムデータを用いた走行所要時間予測方法の開発”. H13年電気学会全国大会. 名古屋, 2001-3, p.1588 - 1589.
- (2) 上野秀樹,ほか.“擬似累積交通量を用いた所要時間予測モデル”. 電気学会道路交通研究会. 東京, 2001-06, p.7 - 11.
- (3) 大場義和,ほか.“磁気式通行券データを利用した高速道路旅行時間演算方法に関する研究”. 生産研究. 51, 2, 1999, p.9 - 12.
- (4) 上野秀樹,ほか.“ETC応用の所要時間算出口ジックと応用システム”. 電気学会道路交通研究会. 東京, 2000-06, p.41 - 45.



大場 義和 OHBA Yoshikazu

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 社会システム開発部主務。道路、鉄道など交通インフラシステムの研究・開発に従事。電気学会、計測自動制御学会会員。Power and Industrial Systems Research and Development Center



上野 秀樹 UENO Hideki

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 官システム技術部。システムエンジニアとして道路交通システムの開発に従事。交通工学研究会会員。Public & Industrial Systems Div.



桑原 雅夫 KUWAHARA Masao, Ph.D.

東京大学 国際・産学共同研究センター教授(生産技術研究所教授兼務), 工博。交通工学における道路交通容量, 信号制御, ネットワーク解析などの研究に従事。土木学会, 国際交通安全学会, 日本交通政策研究会, 交通工学研究会会員。The University of Tokyo