

# 所要時間履歴情報を用いた走行所要時間予測モデルの研究

株式会社 東芝 正会員 上野秀樹  
株式会社 東芝 正会員 大場義和  
東京大学 国際・産学共同研究センター 正会員 桑原雅夫

## 1. はじめに

道路交通管制システムにおいては、安全・環境に対する施策が検討されているほか、道路利用者に対する新たな情報提供や、情報提供の手段などに関する研究も進められている。なかでも、走行所要時間情報はドライバーに提供する情報の中で重要な情報の1つとなっている。現在、走行所要時間情報は高速道路上に設置されたセンサ（車両感知器等）から得られる計測データを基に作成されている場合が多い。車両感知器を用いた所要時間算出方法については従来から研究されているとともに、様々な評価もされており、現状の方式ではこれ以上の改善は難しいとの報告<sup>1</sup>も出ている。

そこで筆者らは、現状の方式にとらわれない新たな方法により所要時間を算出する研究を行ってきた。日本の都市間高速道路では、磁気式通行券またはETC（ノンストップ自動料金収受システム）を用いた走行距離に応じた料金収受が行われており、同システムからは高速道路への流入流出時刻、車種等のデータが得られる。これらのデータを用い、統計的な処理を施すことにより代表的な走行所要時間実績値を算出する方法<sup>2</sup>を開発し、さらに長い過去の所要時間履歴情報を用いた所要時間予測モデルと<sup>3</sup>と当日の所要時間履歴情報を用いた予測モデル<sup>4</sup>の2種類の予測方式を開発した。そして今回、この2種類の予測モデルの長所を活かし融合させた予測方式を開発した。本論文では、今回開発した融合予測モデルの詳細と、フィールドデータを用いた検証結果を示し、提案手法の有効性について述べる。

## 2. 対象道路と料金所データ

### 2.1. 対象道路

本研究においては、走行距離に応じた料金を徴収するシステム（ETCを含む）が設置されている高速道路を対象し、今回は関越自動車上り線花園 練馬間のデータを用いた。この料金所データからは出口料金所通過時に、入口料金所ID、出口料金所ID、入口料金所通過時刻、出口料金所通過時刻、車種という3種類のデータを入手することができる。

また、これらのデータは新たなインフラを整備することなく入手できることから、本手法による所要時間予測システムは比較的導入し易いシステムといえる。

## 2.2. 走行所要時間実績代表値算出

料金所データから得られる入口料金所通過時刻と出口料金所通過時刻から、一台一台の車両が入口料金所から出口料金所まで走行した際の所要時間実績値を演算することが可能である。

しかし、高速道路にはSA(サービスエリア)等が設置されているため、料金所データから算出した個々の車両の走行所要時間実績値には、SA等で休憩した車両のデータ等いくつかのタイプの特異データも含まれおり、渋滞時における二輪車のデータ(タイプ1)や、SAで長時間休憩した車両のデータ(タイプ2)、これら以外に分布から外れたデータ(タイプ3)の3つのタイプに大別できる。そこで、このような特異データをさまざまな方法で除去し、除去後のデータから平均値を演算することで代表所要時間実績値を算出した。

図1に、個々の車両の走行所要時間実績値をプロットした結果と、特異データ除去後の代表所要時間実績を演算した結果の例を示す。

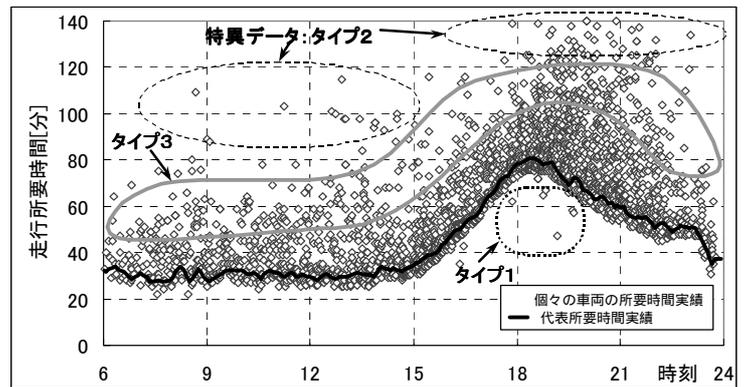


図1：特異データと代表所要時間実績算出例

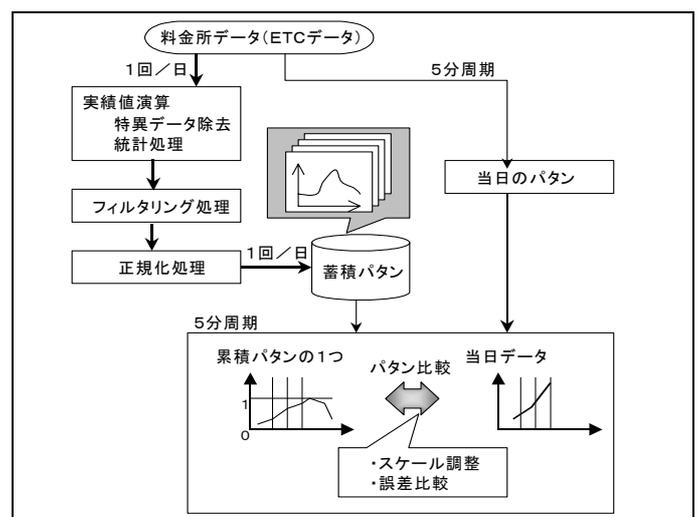
## 3. 走行所要時間予測モデル

### 3.1. 長い過去の履歴情報を用いた予測モデル(類似パタン検索モデル)

2章により代表走行所要時間実績値は算出することができたが、この情報は車両が目的地に到着してから得ることのできる情報である。しかし、ドライバはこれから出発した場合に目的地までに何分かかるとい将来(近未来)の情報を必要とする。

そこでまず、類似パタン検索による所要時間予測方法を考えた。これは、日々の走行所要時間パタンを蓄積し、これと当日のデータを用いて類似パタン検索を行うことにより、これから出発した場合に目的地までの所要時間を予測する方法である。

走行所要時間パタンは、料金所データに対して特異データ削除等の処理を行い、代表走行所要時間実績値を算出する。これにより求められた所要時間は、ある時間帯の走行所要時間を代表する値であると考えられるが、時間推移でみると小刻みに振動しており類似パタン検索時に誤差の原因となる。そのため、フィルタリング処理を施すことにより微細な振動を取り除くことを行った。実際には、多項式フィルタリングを施し、パタンの特徴を顕著なものにした。さらにパタン検索を容易にするために、正規化することによりパタンの特長を抽出しやすくする等の工夫を行った。これによって求められた結果を所要時間パタンとしてデータベースに蓄積する。



検索の際には対象時間帯の前後数十分の範囲で、当日データとデータベース化されているパターンとを比較し、最も誤差の少ないパターンを抽出する。

図2：類似パターン検索による予測手順

このような手順を予測を行う周期毎（本研究では5分周期）に行う。

本手法による予測手順を図2に、本手法に基づいて算出した予測結果例を図3に示す。

これらの結果より、本手法では以下の特長があることがわかった。

- ・短距離（10km 前後）長距離（50km 前後）を問わず、全体的にほぼ良好な予測ができている
- ・予測精度は蓄積パターンに依存する

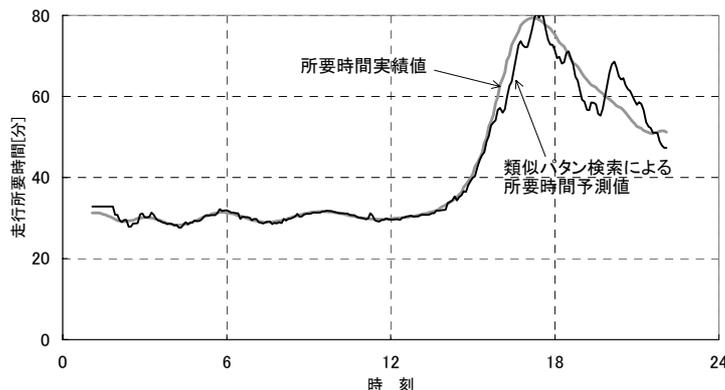


図3：類似パターン検索による予測結果例

### 3.2. 当日の履歴情報を用いた予測モデル（擬似累積交通量モデル）

累積交通量とは、道路上のある地点を通過する通過交通量を時間方向に積分したデータであり、累積曲線  $A_i(t)$  は式(1)のようになる。

$$A_i(t) = \text{時刻 } t \text{ までに地点 } i \text{ を通過した累積台数} \quad (1)$$

この考えに基づき、ある2地点における累積交通量の時系列推移を示すと、図4のようになる。図4中の  $N_c$  は時刻  $(t - T_s)$  に地点A - B間に存在した車両台数を表し、 $T_s$  は地点A - B間の走行所要時間となる。ただしこの場合、ある地点を通過した車両は、次の地点を通過するまでに追い越しされないことを前提としている。

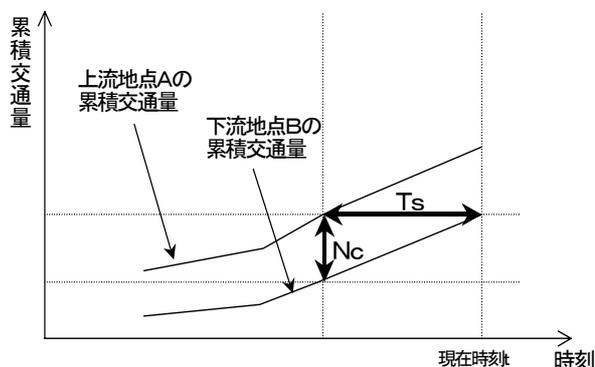


図4：累積交通量と所要時間の関係

この累積交通量と所要時間の関係を利用して、料金所データを用いて現時点でわかっているデータを基に所要時間を予測するモデルを考えた。しかし、料金所データ（料金所における通過交通量）は、実際の本線上における地点交通量とは異なる。このため、各料金所での累積交通量をベースに単純に累積交通量線図を作成しても、実際の交通現象とは異なるものになってしまう。そこで、最下流端部の料金所が本線料金所であることに注目し、同料金所における通過交通量が本線地点通過交通量と等しいことを用いて、累積交通量と所要時間の関係から擬似的に累積交通量図を作成し、所要時間を予測する方法を考えた。

＜STEP1＞最下流地点の累積交通量を基に、その時点でわかっている区間所要時間実績値をもとに上流側地点の累積交通量を擬似的にプロットする

＜STEP2＞STEP1の作業を過去に遡って実施する

＜STEP3＞STEP2から得られた累積曲線を基に、自己回帰モデルを用い将来の累積曲線を作成する

＜STEP4＞STEP3より得られた将来の累積曲線を基に、所要時間  $T_p$ （予測所要時間）を算出する

図5に予測手順を、図6に本手法による予測結果例を示す。予測対象は、関越自動車道上り線所沢練馬間である。

これらの結果より、本手法では以下の特長があることがわかった。

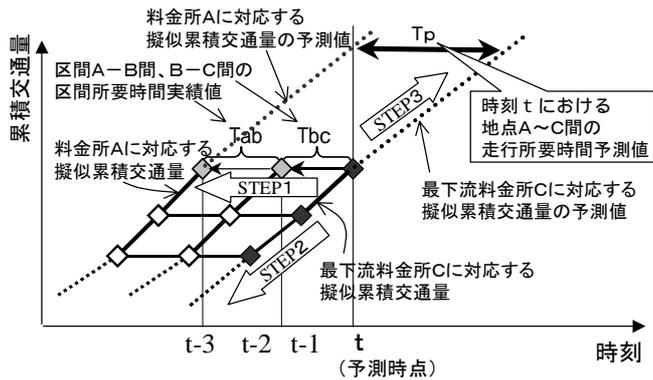


図5：擬似累積交通量による予測手順

- ・ 予測時刻近辺の交通状況の推移を考慮している
- ・ 15～20分先（短距離：10km前後）までの予測精度はかなり良い
- ・ 渋滞のピーク以降の予測が難しい

### 3.3. 融合モデル

3.1項、3.2項の述べた2つの予測モデルについて、それぞれの手法の長所を活かし融合させることによりさらに精度良い予測が得られると考えた。実際には、図7のように類似パタンモデルで予測を行う際に用いる当日の所要時間パタンに、擬似累積交通量モデルにて予測した10分を加味したパタンを用いて、パタン検索を行う方法により予測を行った。

この融合方法では、近未来（10分先）において予測精度の高い累積交通量モデルにより予測した結果を考慮してパタン検索を行うため、実際の交通状況により近い予測が行えるものと考えられる。

## 4. 検証と考察

### 4.1. フィールドデータを用いた検証

3.3項にて述べた融合モデルによる所要時間予測方式の有効性を検証するために、フィールドデータによる検証を行った。使用したフィールドデータは関越自動車道上り線の花園 練馬間のデータであり、全56.1kmである。

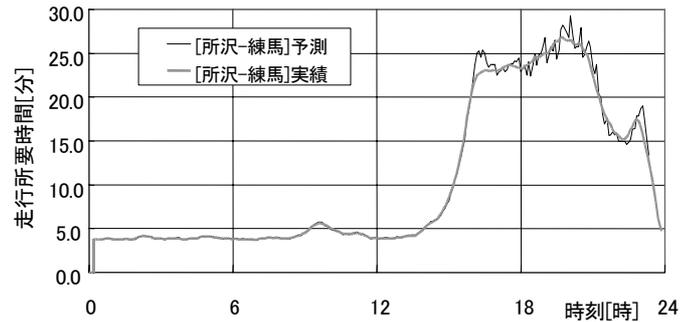


図6：擬似累積交通量による予測結果例

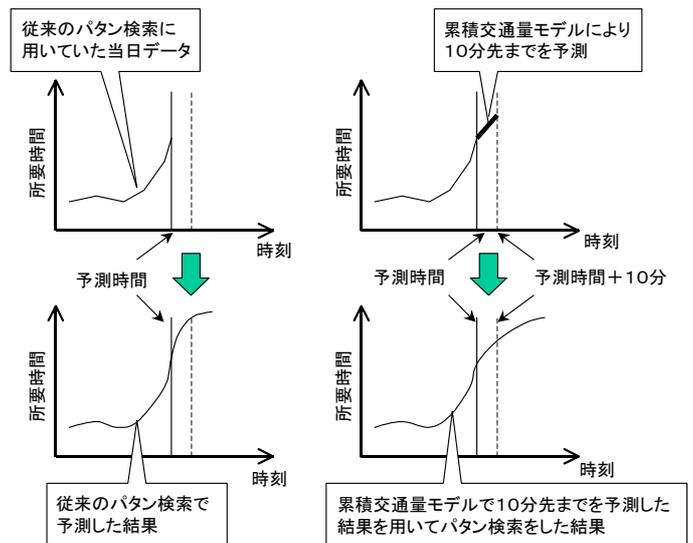


図7：融合モデルによる予測手順

予測結果を図 8 に示す。

#### 4.2. 考察とまとめ

図 8 からわかるように、融合モデルでは従来の予測手法と比べて、渋滞の立上がり時に予測精度の改善がみられる。

しかしながら、渋滞のピーク時において振動してしまい、実際の所要時間よりも大きめに予測される結果となった。これは、渋滞時における累積交通量モデルによる予測精度の誤差が影響しているものと思われる。

今後はこれらの課題を解決し、さらに予測精度の向上を図っていくとともに、ETCへの適用を考えていく。

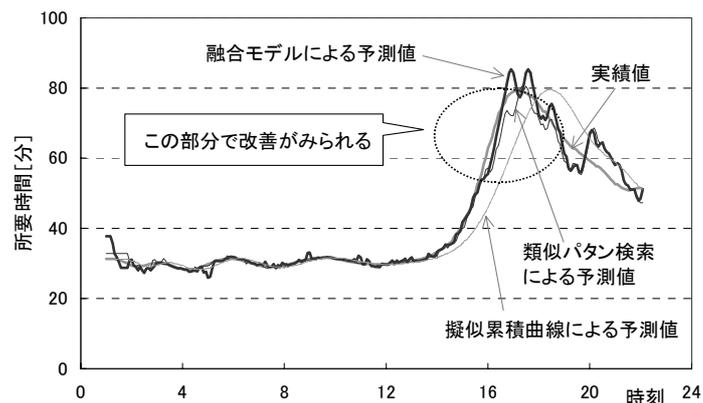


図 8 : 融合モデルによる予測結果例

#### 謝辞

本研究にあたり、フィールドデータをご提供いただいた日本道路公団殿に感謝の意を表します。

#### 文献

- 1 : H.Warita,T.Okada,A.Tanaka:「Evaluation of Operation for Travel Time Information on The Metropolitan Expressway」,2001 年 ITS 世界会議,2001-10
- 2 : 大場,上野,桑原:「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(東京大学生産技術研究所所報),1999-2
- 3 : 大場,上野,小山,桑原:「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改良」,電気学会全国大会、2002-3
- 4 : 上野,大場,桑原:「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、2001-6