料金収受システムデータを利用した走行所要時間予測方式の開発

正員 大場 義和* 非会員 上野 秀樹**

正員 小山 敏博* 非会員 桑原 雅夫***

Development of a Travel Time Prediction Method using Data obtained from the Toll Collection System

Yoshikazu Ohba*, Member, Hideki Ueno**, Non-member, Toshihiro Koyama*, Member, Masao Kuwahara***, Non-member

Recently, travel time information is very important in traffic control systems. At present, travel time information is calculated by sensor data such as traffic counter data. However, this method can not consider a change of road traffic conditions in the future. Therefore, this paper proposes a travel time prediction method considering future traffic conditions by using pattern matching. The prediction method adopts pattern matching with travel time pattern. The prediction method uses a best matching pattern to be extracted from accumulated travel-time-patterns. Furthermore, this method is improved upon for a few accumulated patterns. Moreover, to consider applying ETC, proposed system uses the toll collection system data. For confirmation of prediction accuracy, this paper verifies the prediction method by using actual data. As a result, it was confirmed that the travel time prediction value obtained from the toll collection system was the allowance level.

キーワード：走行所要時間，料金収受システム，高速道路，類似パターン検索

Keywords: travel time, toll collection system, expressway, pattern matching

1. まえがき

近年，世界規模にてITS(Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム)の研究が進められている中，日本においても，AHS(Advanced vehicle assist Highway System：走行支援道路システム)，ETC(Electronic Toll Collection：ノンストップ自動料金受取システム)等の研究が着々と進められている。特にETCにおいては，平成13年3月よりサービスが開始され，全国的な普及が推進されている。更に，高速道路交通管制システムに関しては，新たな提供情

報や情報提供方法，交通需要予測等に関する研究が進められている。特に，走行所要時間情報(出発地点から目標地点までの走行に必要な時間に関する情報)は重要な情報の一つである。現在，走行所要時間情報は，高速道路に設置されたセンサ(車両感知器等)の計測値をもとに作成されているケースが多い。車両感知器による走行所要時間情報に関しては，様々な評価が行われており，現状の方式では現時点以上の改善は難しいとの結論も出ている⁽¹⁾。また，センサが完備されていない路線では，走行所要時間情報の提供が困難であり，このような路線において提供情報作成のために多数のセンサを新規に設置するには多額のコストが必要と見込まれる。

一方，日本の都市間高速道路においては，磁気式通行券を用いた走行距離に応じた料金収受がなされており，この料金収受システムからは，高速道路への出入時刻，車種等のデータが得られる。これらの料金収受システムデータが利用可能であれば，センサが密に設置されていない路線においても，ほとんどの高速道路にて走行所要時間実測値の入手が可能となる。

しかしながら，料金収受システムデータを使用する場合，特異データ(休憩のためサービスエリアにて長時間停車した車両等)が多数含まれる等の問題点があった。この点に

* (株) 東芝 電力・産業システム技術開発センター
〒183-8511 東京都府中市東芝町1
Power and Industrial Systems Research & Development Center, TOSHIBA Co.

1, Toshiba-cho, Fuchu-shi, Tokyo 183-8511

** (株) 東芝 電力・社会システム社
〒105-8001 東京都港区芝浦1-1-1
Industrial and Power Systems & Services Company, TOSHIBA Co.

1-1-1, Shibaura, Minato-ku, Tokyo 105-8001

*** 東京大学 国際・産学共同研究センター
〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1
Center for Collaborative Research, The University of Tokyo
4-6-1, Komaba, Meguro-ku, Tokyo 153-8505

関し、筆者等は統計的処理等を施すことにより、代表的な走行所要時間実績値を演算する方式を開発した^{(2)~(4)}。本研究では、料金収受システムデータから得られた代表的な走行所要時間実績値を使用し、本来望まれている走行所要時間予測値を演算する一方式を開発した。本論文では、今回開発した類似パターン検索を利用した走行所要時間予測方式の詳細と、フィールドデータを用いた検証結果に関して示し、提案手法の有効性について述べる。

2. 対象道路と料金収受システムデータ

〈2・1〉 対象道路 本研究では、対距離料金制の料金収受システムが設置されている都市間高速道路を対象とする。将来、ETC が全国に配備されることで ETC から情報を得ることが可能と考えられるが、当面、手法の検証等には、磁気式通行券から得られるデータを利用することとした。磁気式通行券からは、出口料金所通過時に以下の情報が得られる。

- 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

これらの料金収受システムから得られる入口料金所通過時刻, 出口料金所通過時刻をもとに入口料金所から出口料金所までの走行所要時間実績値 (以後, 走行所要時間を所要時間と略す) が入手可能である。しかしながら, ほとんどの高速道路には S.A. (サービスエリア) や P.A. (パーキングエリア) が設けられているため, 料金収受システムデータ (以後, 料金所データと記す) から演算された所要時間実績値には, 長時間停車した車両のデータ等の特異なデータが含まれている。図 1 に料金収受システムから得られる出口料金所通過時に得られた所要時間のプロット例 (1 日分のデータ) を示す (以後所要時間プロットは, 特記しない場合は出口料金所通過時に得られた所要時間プロットを表す)。図 1 に示すように特異なデータが多数存在するため, 料金収受システムから得られる所要時間を利用する場合は, これらの特異データの除去が必要となる。

〈2・2〉 走行所要時間の推定 ここでは, 料金所データに含まれる特異データを除去し, 所要時間予測に使用するための単位時間間隔 (例えば 5 [min] 間隔) における代表的な所要時間の推定方法の概要を述べる (詳細に関しては文献 (3) を参照されたい)。

料金収受システムから得られる所要時間実績値には図 1 に示すように特異データが存在する。本研究では, 都市間高速道路を対象としており, 都市間高速道路から得られる料金所データを解析し, 特異データ除去を行うアルゴリズムを立案した。まず, 得られた所要時間データを単位時間毎に度数解析を行い, 特異データを, その性質上, 次に記す 3 つのタイプに分け取り扱うこととした。これらを図示すると図 2 のようになる。

- (1) 特異データ 1: 所要時間データの中で極端に短い

図 1 料金収受システムから得られた走行所要時間実績値の例

Fig. 1. An example of actual travel time obtained from the toll collection system.

図 2 料金収受システムから得られる走行所要時間実績値に含まれる特異データ

Fig. 2. Unusual data in actual travel time obtained from the toll collection system.

もの

- (2) 特異データ 2: 所要時間データの中で極端に長いもの
- (3) 特異データ 3: 特異データ 1, 2 以外のデータの中で所要時間データ集中領域から外れたデータ

このような特異データを含んだ状態で, 代表的な所要時間を演算する場合, タイプ 2 の極端に長い所要時間等の影響から, 長めの所要時間となる可能性がある。よって, 料金所データから得られる所要時間実績値に対し, 以下に述べる (1)~(3) の手法を用いることで特異データの除去を行い, 除去後のデータを用いて, 代表的な所要時間を演算することとした^{(2)~(4)}。各特異データに関しては, 以下のような手法を適用し, 除去を行った。

- (1) 特異データ 1: 渋滞時のオートバイのデータである場合が多く, オートバイの所要時間を除去することで対応する。
- (2) 特異データ 2: S.A. あるいは P.A. で長時間停車している車両のデータである場合が多く, 極端に長い所要時間をルールベースで除去することで対応する。
- (3) 特異データ 3:

典型的な所要時間（所要時間の分布が最も集中している部分）から多少外れて分布するデータが多く、クラスタ分析により特異データを除去することで対応する。この際には、大津の閾値法によりしきい値を決定している⁽⁵⁾。

以上記した推定方法は、実装を意識し、オンライン演算が可能で、なおかつ演算効率が良いということを考慮して開発した手法である。

次に、特異データ除去後のデータを用いて、所要時間実測値を代表する値（代表所要時間）を演算する。

代表所要時間推定値の演算方法に関しては、最も簡単な演算方法として、特異データ除去後のデータ分布の平均値を演算する方法が考えられる。本研究では、除去後のデータの平均値を代表所要時間として用いた。これらの特異デー

図3 代表走行所要時間推定の流れ図

Fig. 3. A flowchart of representative travel time calculation.

図4 代表走行所要時間演算結果

Fig. 4. A calculation result of representative travel time at present.

タ除去及び代表所要時間演算の流れを示したフローを図3に示す。また、図4に特異データ除去後の実測値から代表所要時間を演算した結果の例を示す。

3. 類似パターン検索を使用した走行所要時間予測方式

本章では、前述の演算方法により得られた代表所要時間を使用した走行所要時間予測方式に関して述べる。特に、本研究では、社会・公共システム等にて利用されている類似パターン検索⁽⁶⁾を利用した方式に関して検討を行った。

〈3・1〉 走行所要時間パターン 類似パターン検索を利用する場合、比較の対象となる過去の実績データが必要となる。本研究では、過去の1日の時間的推移データを所要時間パターンのひとつとし、これを複数蓄積したものを類似パターン検索に用いた。ここで、所要時間パターンの作成時には2章で述べた演算方法により演算された代表所要時間を用いた。ただし、図5(a)に示すように、代表所要時間の時間的推移を見る場合、細かな振動が見られ、このまま使用すると、類似パターン検索時に悪影響が出る可能性がある。このため、本研究では、フィルタリングを施した代表所要時間を所要時間パターンとして採用した。

フィルタリングに関しては、最も簡単な方法として移動平均があげられる。図5(a)に対し、移動平均処理を施した結果を図5(b)に示す。このようにフィルタリングにより細かな振動を取り去ることが可能である。本研究では、数日分のフィールドデータを用いて移動平均演算の試行を行った結果をもとに、前後1データを含む3データの移動平均によるフィルタリングを行った。

〈3・2〉 走行所要時間パターンの改良 類似類似パターン検索を用いる場合、その性質上、多くの比較用蓄積パター

(a) 走行所要時間代表値をそのまま使用した場合

(b) フィルタリングを施した場合
(所要時間パターンとして使用)

図5 走行所要時間パターンの演算例

Fig. 5. An example of travel time pattern.

ンを必要とする。通常、類似パターン検索手法が利用される場合、複数月（半年～1年等）の平日、土曜、日曜、祝祭日等のデータを準備することが望ましい。しかしながら、テストシステムとして導入するような場合を考えると、初期より多大なパターンを準備することはほぼ困難である。よって、本研究では、できる限り少ない蓄積パターンで実行可能なように、所要時間パターンに対していくつかの改良を行った。その一つは類似パターン検索用の蓄積パターンを正規化することにより、より類似したパターンの検出が容易になるように改良したものである。具体的には、 $T_p(p, t)$ をパターン p の時刻 t の所要時間データ、 $\text{Max}(T_p(p, t))$ をパターン p の所要時間の最大値とした場合、全ての蓄積パターンを式 (1) を用いて最大値 1 に正規化したものを利用した。

$$T_{pn}(p, t) = \frac{T_p(p, t)}{\text{Max}_t(T_p(p, t))} \dots\dots\dots (1)$$

T_{pn} : 最大値で正規化した所要時間パターン

よって、予測当日のデータと蓄積パターンの類似パターン検索時には、スケール合わせが必要となる。ここでは、図 6 に示すように、類似パターン検索時に用いる二乗誤差演算に使用するパターンの対象時間範囲において、対象時間範囲の中心となるデータを合わせることでスケール合わせを行った。スケール合わせは式 (2) にて時間的中点の比率： $T_{compare}$ を演算し、これを使用して式 (3) により比較用のパターンデータ T_{pc} を作成する。この T_{pc} を使用し、類似パターン検索を行う。

$$T_{compare} = \frac{T_{today}(t_{central})}{T_{pn}(p, t_{central})} \dots\dots\dots (2)$$

$$T_{pc}(t) = T_{pn}(t) \times T_{compare} \dots\dots\dots (3)$$

$T_{compare}$: パターン変換用係数（中点の比率）

$T_{today}(t)$: 時刻 t の予測当日の所要時間データ

$T_{pc}(t)$: 時刻 t の比較用パターンデータ

$t_{central}$: 比較用時間帯の中心

更に、蓄積パターンの作成時のフィルタリング処理にお

図 6 正規化した蓄積パターンを使用した類似パターン検索の概要の演算例

Fig. 6. The outline of a pattern matching method using normalize patterns.

いて、当初、移動平均演算のみを用いていたが、類似パターンの抽出精度を上げるために、式 (4) のような多項式フィルタによるフィルタリングを施した。

$$y(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 x^2 + \dots\dots\dots (4)$$

$y(x)$: 時刻 x での y (走行所要時間) の値
 x : 時刻
 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots$: 多項式フィルタ係数

多項式フィルタを用いることで、パターンにおける特徴がより顕著となり、類似パターンの抽出が容易となる。

〈3・3〉 走行所要時間予測方式 〈3・1〉節にて説明した所要時間パターンを蓄積し、蓄積されたパターンと予測当日の所要時間を用いて類似パターン検索を実施することで所要時間の予測が可能となる。図 7 に類似パターン検索を使用した所要時間予測方式の概念図を示す。類似パターン検索を利用した予測方式は、主に類似パターン検索と抽出されたパターンを用いた所要時間予測値演算処理からなる。

以下に類似パターン検索を利用する際の詳細な予測値演算手順を示す。ここでは、類似パターンの検索においては、類似度の指標として当日のデータと蓄積された所要時間パターンとの二乗誤差を演算し、この二乗誤差の合計が最小のパターンを最も予測当日に類似したパターンとして抽出する処理を行っている。この類似パターン検索により抽出されたパターンは、料金所データをもとに作成されているため、出口料金所にて得られた事後の所要時間データであることに注意が必要である。よって、出発時点（入口料金所）において目標地点（出口料金所）までの所要時間を予測演算する際には、入口料金所通過時刻を考慮した並べ替え等の処理が必要となる。

次に予測演算の詳細ステップを記す。まず時間軸を Δt (5 [min] 間隔) 毎に離散化する。

[STEP1] 二乗誤差の演算

予測当日の出口料金所到着時刻 t の所要時間 $T_t(t)$ と蓄積されたパターン p の所要時間 $T_p(p, t)$ との二乗誤差 $E(p, t)$

図 7 類似パターン検索使用走行所要時間予測方式の概要

Fig. 7. The outline of travel time prediction method by using pattern matching.

図 8 類似パターン検索による走行所要時間予測手順

Fig. 8. The step of travel time prediction method by using pattern matching.

を次のように計算する。

$$E(p, t) = \{T_p(p, t) - T_t(t)\}^2 \dots\dots\dots (5)$$

[STEP2] 類似パターン候補の選択

$E(p, t)$ を対象範囲帯にわたり集計して、パターン p の二乗誤差の合計 $Es(p)$ を求める。

$$Es(p) = \sum_t E(p, t) \dots\dots\dots (6)$$

求められた $Es(p)$ の小さいもの数パターンを候補として選択する。

[STEP3] 第 2 段階の類似パターン候補の絞り込み

[STEP2] にて選択された数パターンの候補から、予測当日の予測時刻を考慮した絞り込みを行う。ここでは、予測時刻を中心に ± 数時間の範囲におけるパターンに絞り込む。この際に、絞り込んだ結果のパターンの二乗誤差が最小としない場合は、本処理は実施しない。

[STEP4] 走行所要時間予測値の演算

[STEP3] にて選択されたパターン p^* をもとに、所要時間を入口料金所通過時刻を参照した値に変換する。

$$T_{de}(t - T_p(p^*, t)) = T_p(p^*, t) \dots\dots\dots (7)$$

T_{de} : 入口料金所を時刻 t に通過した車両の所要時間

変換後のデータを利用して所要時間予測値を演算する。

[STEP1] ~ [STEP4] の演算処理の概念図を図 8 に示す。

[STEP1] に関しては、類似パターン検索の際に、類似度を判断するために使用する二乗誤差を演算している。この際に、予測時点に近い時刻程影響が強く出るように重み付けをしている。重み付けに関しては、数日分のフィールドデータを用いて試行し、経験的に値を決定した。また、二

図 9 走行所要時間の出発料金所に関する並べ替えの概要

Fig. 9. The outline of a pattern remove method by passing through time at the entrance toll gate.

図 10 代表走行所要時間の変化量

Fig. 10. The rate of the representative travel time.

乗誤差を演算する時間帯範囲に関しては、時間的に遠い過去のデータに影響を受けないように、予測時点から n 時間（例えば 2 時間）の時間帯範囲のパターンに対して二乗誤差の演算を行っている。この時間帯範囲に関しては、本研究では代表的な数パターンに対し、時間帯範囲を変更して試行を行い、その結果から 2 時間という値を用いている。更に、[STEP4] においては、抽出されたパターンを用いて予測値を演算するが、先に述べたように抽出されたパターンは出口料金所到着時点の所要時間であるため予測値演算に利用するためには処理が必要である。よって、図 9 に示すように抽出されたパターンを出発料金所（入口料金所）通過時刻順に並べ直す処理を施し、出発料金所（入口料金所）から目的料金所（出口料金所）までの走行所要時間に対する予測値を演算する。

また、実績データ（代表所要時間）の解析結果より、所要時間の推移（変化率）は、図 10 のように、ある一定の範囲内に収まっていることがわかった。この結果をもとに変化量の制限を用いることで、通常起こり得ない予測結果の補正を行った。具体的には、実績値の変化量の解析結果より、変化量の最大値及び最小値を求め、この値で変化量を制限することとした。

4. フィールドデータを用いた検証

3. 章にて述べた類似パターン検索を用いた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。

〈4・1〉 検証用データ 使用したフィールドデータは関越自動車道道路上り線の花園～練馬料金所間のデータである。対象とする路線の概要を表 1, 2 に示す。

表 1 検証に用いた実測値データ

Table 1. Actual data using verification.

区間	区間長	その他
花園→練馬 (全区間)	56.1[km]	P.A.×2 S.A.×1

※P.A.:パーキングエリア,
S.A.:サービスエリア

表 2 パターン検索に使用した蓄積データ

Table 2. The accumulated pattern used pattern matching.

種類	日数	種類	日数
平日	10	日曜日	4
土曜日	2	祝日	2

図 11 車両感知器データを使用した所要時間演算方法の概念

Fig.11. Concept of the travel time calculation method using traffic counter data.

検証の方法としては、あらかじめ料金収受システムから収集されたデータに対し、オフラインで前述の手法を適用し、その結果を解析した。

〈4・2〉 走行所要時間予測結果の検証 表 1, 2 に示した路線データを使用し、提案する予測方式を用いて所要時間を予測した結果を検証する。ここでは、18 日分の所要時間パターンという比較的少ない蓄積パターンの利用となったため、〈3・3〉節にて記した正規化したパターンを利用する方法を採用した。また、精度検証の比較対象として、従来手法を用いた所要時間情報演算値との比較を行った。

従来手法としては、最も一般的である車両感知器の計測結果を用いた同時刻の各区間所要時間を合計する方法を用いた⁽¹⁾。この方法では、対象とする道路を数百メートル毎の区間に分割し、それぞれの区間の平均速度を演算後、各区間の所要時間を求め合計することで所要時間情報を作成している（以後、同時刻和所要時間と称する）。図 11 では太線で囲まれた各区間の区間所要時間を合計した値が同時刻和所要時間となる。したがって、道路交通状況の将来変動

図 12 類似パターン検索を用いた走行所要時間予測により予測値演算例

Fig. 12. The result of the travel time prediction by pattern matching.

図 13 従来手法（同時刻和所要時間）と類似パターン検索を用いた所要時間予測値の比較

Fig. 13. The comparative result between the conventional method and the travel time prediction by pattern matching.

状況を考慮していないことになる。よって渋滞発生、解消のタイミングが遅れる傾向にある。

故に、図 11 に示されるように渋滞時間帯前後等の道路交通状況が急激に変化する場合、実際の所要時間との差が大きくなる傾向にある。

図 12 に類似パターン検索を用いた予測値演算例を示す。

表 3 渋滞傾向時の走行所要時間予測誤差解析結果

Table 3. Analysis result of the travel time error in traffic congestion.

平日 /祝日	手法	誤差発生割合	
		±5分以内	±10分以内
祝日	同時刻和所要時間	20%	53%
	類似パターン検索	59%	99%
平日 (その1)	同時刻和所要時間	40%	71%
	類似パターン検索	83%	98%
平日 (その2)	同時刻和所要時間	40%	74%
	類似パターン検索	100%	100%

※注：上記は渋滞傾向時の誤差発生割合を示す。

また、図 12 の演算例以外で特に渋滞時近傍において誤差が顕著な例において、図 13 に同時刻和所要時間との比較図を示す（ここで図 12, 13 は横軸は入口料金所通過時刻でのプロットである）。

5. フィールドデータを用いた検証

〈5・1〉 精度検証 図 12 および図 13 からわかるように、従来、高い精度を得ることが困難であった渋滞の発生時から渋滞解消に至るまでの時間帯において、従来手法である同時刻和所要時間と比較し、より高精度の予測値が得られていることがわかる。特に渋滞時における予測精度に関し、同時刻和所要時間と提案手法による予測における数日分の渋滞時誤差解析の結果を表 3 に示す。

ここで、渋滞時の定義としては、対象路線は全長 56.1 [km] であるため、100 [km/h] で走行した場合の走行所要時間は約 34 [分] であることから、これを超える所要時間を必要とした場合を渋滞傾向時とし、渋滞時としての解析対象とした。高速道路における提供情報としての所要時間情報においては、所要時間 30 [分] 程度の場合に対し、±5 [分] が十分許容される誤差であり、±10 [分] を超える場合は望ましくない結果であると考えられている⁽¹⁾。表 3 からわかるように、提案手法においては、渋滞傾向時において多くの場合が予測誤差 ±5 [分] 以内であり、ほとんど全てが予測誤差 ±10 [分] 以内に収まっている。この結果から渋滞傾向時においても良好な予測精度が得られていると言える。先に述べたように、同時刻和所要時間は計測時点の各区間所要時間を合計したものであり、将来の道路交通状況を予測したものではない。これに対し、提案手法は、過去の所要時間パターンと類似パターン検索することにより、将来の所要時間の時間的推移を考慮しているため、渋滞傾向時における予測精度が高いものと考えられる。

〈5・2〉 類似検索用パターンに関して 類似パターン検索を利用した方式は、検索に使用する蓄積された過去のパターンが重要となる。この手法は、予測当日の所要時間の推移と最も類似した過去の所要時間の推移を検索し、予測に

(a) 蓄積パターン（正規化前）

(b) 蓄積パターン（正規化後）

図 14 類似パターン検索に用いる蓄積パターンと正規化後の蓄積パターン

Fig.14. Travel time patterns and normalized travel time patterns for pattern matching.

利用するものである。よって、予測当日と類似したパターンが存在するかどうか、また、蓄積された過去のパターンにおいて予測当日とどの程度類似したパターンが存在するかが予測精度に大きく影響する。このような理由から、一般的に、類似パターン検索手法を利用する場合、6ヶ月～1年程度の蓄積パターンを用いるのが望ましい。しかしながら、本研究で利用可能なパターンは高々 18 日である。それにもかかわらず、表 3 のように高精度の予測が可能であった理由は、正規化した蓄積パターンを利用したためと考えられる。図 14 に示すように、正規化後のパターンは、それぞれの類似傾向が強いものとなっている。これにより、所要時間の大きさが多少異なる場合においても、時間的推移の傾向が類似しているものを予測に使用することが可能となり、少ない蓄積パターンにおいても高精度の予測が可能となったと考えられる。しかしながら、本来、所要時間は、交通工学的に所要時間絶対値自体にも意味がある。よって、所要時間パターンが十分蓄積された後には、正規化前の所要時間パターンを直接採用する方式も検討すべきと考える。

6. むすび

本研究では、料金収受システムから得られるデータを使用した走行所要時間予測方式として、類似パターン検索を

使用した方式を提案し、フィールドデータを用いて検証を行った。検証の結果、本手法に関し、以下が明確となった。

- (1) 同時刻和所要時間と類似パターン検索との比較
同時刻和所要時間に比べ、類似パターン検索方式では、渋滞発生、解消時において、

●誤差 ± 10 [分]以上のケースが約 30 [%] 減少
という改善が見られた。

- (2) 所要時間データ蓄積の問題

類似パターン検索を用いた所要時間予測方式は、蓄積された過去の走行所要時間パターンに対する依存度が高い。しかしながら、蓄積パターンを正規化する等の工夫で、高々 18 日分の蓄積パターンの利用で類似パターン検索による所要時間予測が実施可能であった。

ここで提案した料金収受システムデータを使用した方式を用いることで、センサが設置されていない路線においても、低コストでオンラインによる走行所要時間予測値の演算が可能となる。更に、この走行所要時間予測値を、走行所要時間情報として提供することで、出発時点において、実際の走行に必要な時間に近い情報を提供することが可能となる。また、料金収受システムから得られる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。

今後、更に本方式の改良を進めると共に、ETC への適用を考えていく。

(平成 14 年 4 月 23 日受付, 平成 15 年 4 月 23 日再受付)

文 献

- (1) H. Warita, T. Okada, and A. Tanaka: "Evaluation of Operation for Travel Time Information on The Metropolitan Expressway", ITS 世界会議 2001 (2001-10)
- (2) Y. Ohba, H. Ueno, and M. Kuwahara: "A Study on the Travel Time Calculation Method for Motorway using Magnetic Card Data", *IIS University of Tokyo*, Vol.151, No.2, pp.9-12 (1999-2) (in Japanese)
大場義和・上野秀樹・桑原雅夫:「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), 151, 2, pp.9-12 (1999-2)
- (3) Y. Ohba, H. Ueno, and M. Kuwahara: "Verification of a Travel Time Estimation Method using Data obtained from the Toll Collection System", *IEEJ Trans. IA*, Vol.121-D, No.1, pp.52-59 (2001-1) (in Japanese)
大場義和・上野秀樹・桑原雅夫:「料金収受システムデータを利用した走行所要時間推定方法の検証」, 電学論 D, 121, 1, pp.52-59 (2001-1)

- (4) Y. Ohba, H. Ueno, and M. Kuwahara: "Travel Time Calculation Method for Motorway using Toll Gate System Data", *ITSC'99*, pp.471-475 (1999-10)
- (5) 大津展之:「判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法」, 信学論誌 D-II, Vol.J63-D (1980)
- (6) 黒川 太・小林主一郎・金山道王:「ニューロ応用時間配水量パターン予測」, 平 5 電気学会会大, No.13, pp.13-35 (1993)
- (7) (社) 交通工学研究会編: 交通工学ハンドブック, 技報堂出版 (1984)

大 場 義 和 (正員) 1967 年 10 月 2 日生。1993 年 3 月九州工業大学大学院情報工学研究科制御システム工学専攻修士課程修了。同年 4 月 (株) 東芝入社。現在、同社電力・産業システム技術開発センターに勤務し、主として道路交通システム関連のシステム制御の研究開発に従事。計測自動制御学会会員。

上 野 秀 樹 (非会員) 1967 年 7 月 10 日生。1993 年 3 月早稲田大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年 4 月 (株) 東芝入社。本社に勤務し、主として道路交通システムのシステムエンジニアリングに従事、現在に至る。

小 山 敏 博 (正員) 1950 年 11 月 2 日生。1976 年 3 月早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 4 月 (株) 東芝入社。同社電力・産業システム技術開発センターに勤務し、道路・鉄道など交通システム関連の研究開発業務に従事。工学博士。計測自動制御学会会員。

桑 原 雅 夫 (非会員) 1954 年 12 月 9 日生。1985 年 8 月カリフォルニア大学バークレー博士課程修了。同年 10 月から東京大学工学系研究科土木工学科助手、1986 年 4 月講師、1987 年 4 月から東京大学生産技術研究所助教授。2000 年 4 月から同教授。2001 年 4 月から東京大学国際・産学共同研究センター教授。