

プローブカーを利用した交通情報予測方式の検討

伏木 匠[†] 岸野 清 孝^{††} 山根 憲一郎[†]
 横田 孝義[†] 権守 直彦^{††}
 石田 康^{††} 伊藤 彰 朗^{††}

プローブカーシステムは車両自身を移動するセンサとして利用するシステムで、特に交通情報を収集する手段として注目を集めている。プローブカーシステムの課題は、プローブカーの普及率が低い状況下ではプローブカー非存在区間が発生し、十分なリアルタイム交通情報を収集できないことにある。本研究では、プローブカーを用いてリアルタイム交通情報を取得するために必要なプローブカーの普及率とエリアカバー率との関係を明らかにし、リアルタイム交通情報が取得できないプローブカー非存在区間での交通情報予測方式を検討した。さらに実車走行実験を行い交通情報予測方式の精度評価を行った。

Traffic Condition Prediction by Use of Floating Cars

TAKUMI FUSHIKI,[†] KIYOTAKA KISHINO,^{††} KEN'ICHIRO YAMANE,[†]
 TAKAYOSHI YOKOTA,[†] NAOHICO GONMORI,^{††} YASUSHI ISHIDA^{††}
 and AKIO ITO^{††}

Floating cars are very effective in traffic information gathering. In the situation of low existence probability of floating cars, however, road sections without floating cars may occur and may prevent sufficient real-time traffic information gathering. In this paper, we proved the relation between the existence probability and area coverage of floating cars for real-time traffic information gathering, and examined a method of traffic condition prediction in a section without floating cars while traffic information gathering. Moreover, we made a field experiment and evaluated the accuracy of the method of traffic condition prediction.

1. はじめに

プローブカーシステムは車両自身を移動するセンサとして利用するシステムで、特に交通情報を収集する手段として注目を集めている。大規模な実験のプロジェクトも行われており、2000年度には横浜地区で約300台のプローブカーによる走行実験がなされ¹⁾、2001年度には名古屋地区で1570台のタクシーによる大規模実証実験が行われた²⁾。

本研究で想定するプローブカーシステムのシステム構成図を図1に示す。プローブカーシステムはプローブカーとセンタシステムから構成される。プローブカーはGPS、携帯電話を接続した車載機を搭載し、GPSで計測した時刻、位置、速度などのプローブ情報をセンタシステムに送信する。センタシステムは、プ

ローブカーから取得したプローブ情報を収集・蓄積する。センタシステムは、複数のプローブカーから収集されたプローブ情報を集約し、地図に割り付けるなどの編集を施して交通情報の形に変換して、ネットワークに配信する。上記のようにプローブカーは、GPSによって計測した車両の位置、速度を交通情報源として利用するので、情報収集エリアが限定されないという特徴がある。しかし、プローブカーの普及率が低い状況下ではプローブカー非存在区間が発生し、十分なリアルタイム交通情報を収集できない。また情報収集の通信媒体として一般的に携帯電話が用いられるので、より多くのプローブ情報を収集するためには通信コストが大きくなるという問題点がある。

本研究は、上記した問題点のうち、プローブカー普及率が低い状況下での交通情報収集方法に関する課題解決を目的とした。まずプローブカーの普及率とエリアカバー率との関係を明らかにし、プローブカーを用いてリアルタイム交通情報を取得するための普及率を試算した。次にプローブカーの普及率が不十分な

[†] 株式会社日立製作所日立研究所
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

^{††} 株式会社日立製作所システム事業部
Systems Engineering Division, Hitachi, Ltd.

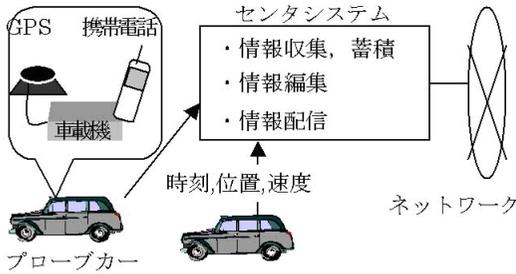


図1 プローブカーシステム構成

Fig. 1 Composition of floating car system.

ためにリアルタイム交通情報が取得できないプローブカー非存在区間での交通情報を、過去と現在のプローブカーデータを用いた予測により補完する方式を検討した。さらにプローブカーの実験システムを構築して実車走行実験を行い、交通情報予測方式の精度評価を行った。

2. プローブカー普及率の試算

プローブカーを交通情報源として利用し、必要な普及率を試算した研究事例としては、道路交通センサデータを用いて走行速度調査に必要なプローブカー普及率を検討したもの³⁾、プローブカー台数と普及率から交通情報提供のサービスエリアを試算したもの⁴⁾、普及率と情報精度との関係をシミュレートしたもの⁵⁾などがあげられる。これらの研究事例によれば、統計的な交通情報収集に1%程度、リアルタイムの交通情報収集には5%程度のプローブカー普及率が必要である、としている。本研究では、プローブ情報をリアルタイム交通情報として活用する際のプローブカー普及率とエリアカバー率の関係を定式化し、具体的な数値を用いて必要なプローブカー普及率を試算した。

リアルタイム交通情報取得にプローブ情報を利用する際のプローブカー存在区間の定義を、図2を用いて説明する。リアルタイム交通情報の有効期限を T [h]、車両の平均移動速度(空間平均速度)を v [km/h] とすると、有効期限 T [h] 内に1台のプローブカーが移動する平均移動距離 d [km] は $d = vT$ で表される。この距離 d [km] で表される区間をプローブカー存在区間と定義する。全道路区間に対して、このプローブカー存在区間の占める割合がエリアカバー率となる。本研究では簡単のために1車線道路を仮定して、全走行車両中に一樣間隔でプローブカーが配置される理想的な状態において、全道路区間がプローブカー存在区間となるためのプローブカー普及率を求める。さらにプローブカーが一樣間隔ではなく、ある分布をもって

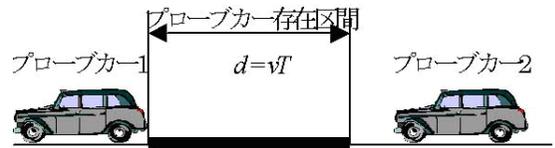


図2 プローブカー存在区間の定義

Fig. 2 Definition of floating car existence section.

配置される、より現実的な状態におけるエリアカバー率とプローブカー普及率の関係を明らかにする。

まず一樣間隔でプローブカーが配置される理想的な状態において、全道路区間がプローブカー存在区間となるためのプローブカー普及率を求める。平均移動距離 d [km] 中に存在する車両台数は、密度を k [台/km] とすると kd [台] となる。この kd [台] のうち1台がプローブカーであれば、全道路区間にプローブカーが存在することになり、全車両に対するプローブカー普及率 γ [1/台] は以下の式(1)で表される。

$$\gamma = \frac{1}{kd} = \frac{1}{kvT} = \frac{1}{QT} \quad (1)$$

ただし、式(1)において Q [台/h] は交通量で、一樣交通流の場合、 $Q = kv$ の関係が成立する。

次にプローブカーが一樣間隔で配置されない、より現実的な状態を仮定する。プローブカー普及率 γ [1/台] におけるプローブカーの車頭間隔 x [km] の確率密度分布 $f(x)$ [1/km] は、一般に期待値 $1/k\gamma$ [km] の指数分布と仮定でき、式(2)で表せる。

$$f(x) = P(X = x) = k\gamma \exp(-k\gamma x) \quad (2)$$

このとき距離 x [km] 以下の区間にプローブカーが存在する確率 $F(x)$ は、式(2)の確率分布を持つ累積分布関数となり式(3)で表される。

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_0^x f(X)dX \\ = 1 - \exp(-k\gamma x) \quad (3)$$

ここである道路区間がプローブカー存在区間である確率は、平均移動距離 d [km] 中にプローブカーが存在する確率となる。この存在確率を β で表すと、 β は式(3)により $\beta = F(d)$ で表される。これを γ について解くと以下の式(4)となる。

$$\gamma = \frac{1}{kd} [-\ln(1 - \beta)] = \frac{1}{QT} [-\ln(1 - \beta)] \quad (4)$$

式(1)と式(4)を比べると、プローブカーの配置が非一樣な分布をとる分だけ、係数 $[-\ln(1 - \beta)]$ の分プローブカーが余計に必要なことを表している。また、 β はある道路区間がプローブカー存在区間である確率を表すが、空間的に考えるとプローブカーが走

表 1 エリアカバー率とプローブカー普及率の関係
Table 1 Area coverage and existence probability of floating cars.

エリアカバー率 β	係数 $[-\ln(1-\beta)]$	プローブカー普及率 γ
63.2%	1.000	1.00%
80.0%	1.609	1.61%
90.0%	2.303	2.30%
95.0%	2.996	3.00%
99.0%	4.605	4.61%

行をカバーしているエリアの割合，すなわちエリアカバー率と考えることができる．式 (4) に関して，具体的な数値を代入したものを表 1 に示す．表 1 は交通量 $Q = 1200$ [台/h] (一般道における飽和に近い交通量)，リアルタイム交通情報の有効期限 $T = 5$ [min] として算出した．

表 1 より，エリアカバー率 63.2%~99.0%を実現するためには，プローブカー普及率が 1.00%~4.61%必要なことが分かる．エリアカバー率は，プローブカーの普及率と密接に関係しており，普及率が低い段階では，カバー率が低下してしまう．よって本研究では，プローブカー前方の交通状況を予測することで，プローブカー非存在区間の交通状況を補完し，プローブカー普及率を変えずにエリアカバー率を増加させることを目的とした．具体的な交通状況予測によるエリアカバー率増加の目標値は，表 1 の数値を参考にして，プローブカー普及率 1%で 5%相当のエリアカバー率 (63.2% 99.0%) を実現する，カバー率約 2 倍増とした．

3. 交通情報予測方式および実験結果

3.1 交通情報予測方式

本研究における交通情報予測方式では，過去に蓄積したプローブカーの走行軌跡と現在のプローブカーの走行軌跡を対比することにより，現在プローブカーが走行する区間の前方区間の交通状況を予測する．図 3 に交通情報予測方式のイメージ図を示す．図 3 は，横軸に地点の距離，縦軸に各地点における車両の速度をとったときの過去，現在，予測のプローブカーの走行軌跡を表している．現在走行軌跡は現在時刻までに取得されたプローブカーの走行軌跡で，前方の区間 (図 3 の未走行区間) は未走行であるとする．一方，過去の走行軌跡群は，前方区間も含めて走行済みで，その走行速度は既知であるとする．このとき，現在走行軌跡と過去走行軌跡群とを対比することで，前方未走行区間の予測走行軌跡を求めて交通状況の予測値とする．

具体的な予測走行軌跡の算出方法を図 4 のフローチャートを用いて説明する．

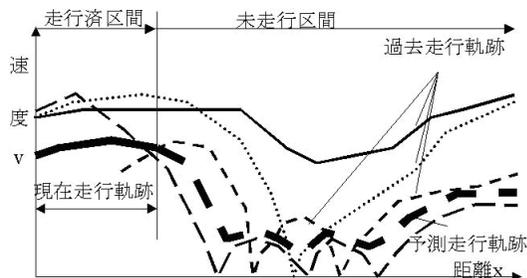


図 3 交通情報予測方式

Fig. 3 Method of traffic condition prediction.

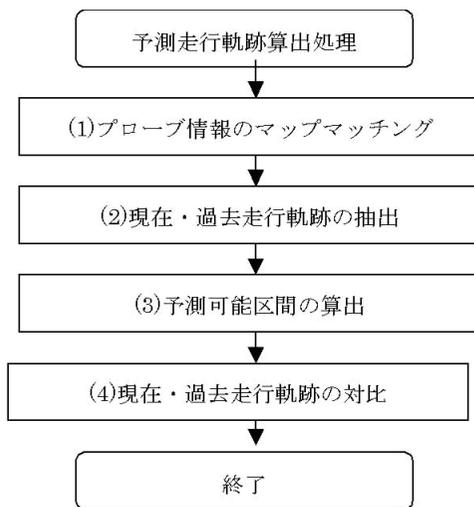


図 4 予測走行軌跡算出フローチャート

Fig. 4 Flowchart of traffic condition prediction.

(1) プローブ情報のマップマッチング

ベクトル地図データを用いて，収集したプローブ情報を道路リンクにマップマッチングし，プローブ情報を地図上に割り付ける．

(2) 現在・過去走行軌跡の抽出

指定した区間を構成するリンク上のプローブ情報を取り出して現在および過去走行軌跡を抽出し，区間の各位置 x における現在走行軌跡の速度 $V(x)$ および過去走行軌跡の速度 $V_i(x)$ を求める．ここで i は過去走行軌跡の序数を表す．

(3) 予測可能区間の算出

本研究の予測方式は，『今日はいつもに比べて』かなり混んでいるので，この先の区間も同様に『かなり混んでいるに違いない』という仮定に基づいた方式である．この仮定が成立するために，ある区間が予測可能となるには，過去の統計でも区間内での速度変化の相関性が高い必要がある．よって過去走行軌跡群内での速度の相対的な順位を求めて，この順位変化の

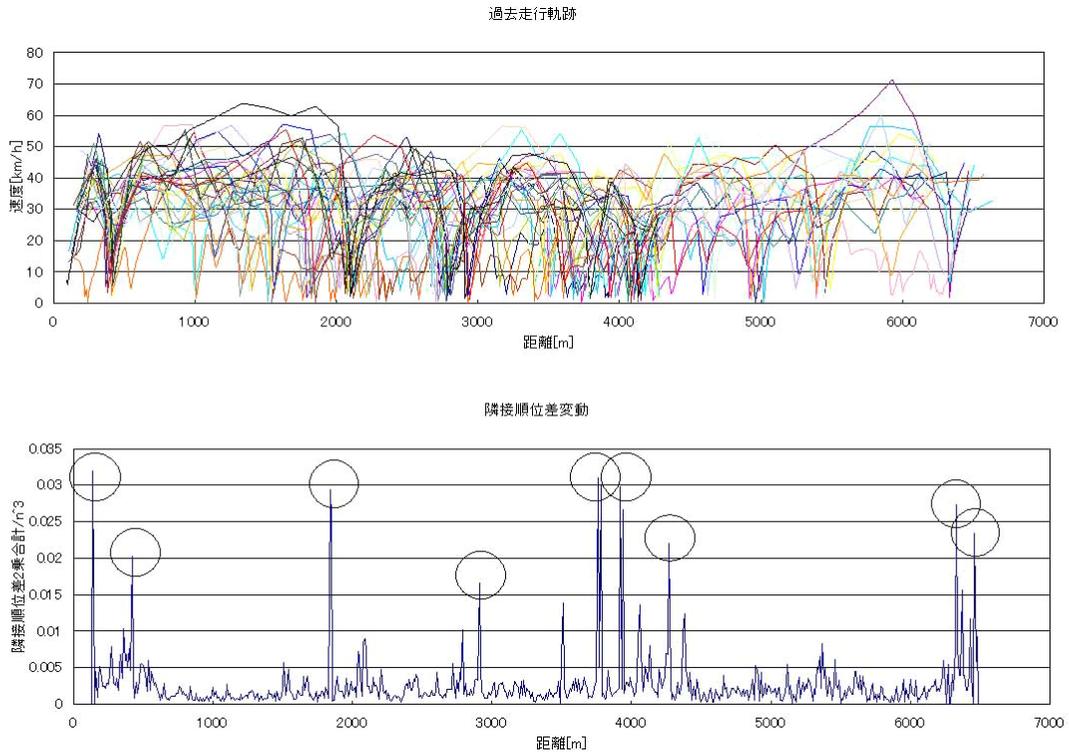


図5 過去走行軌跡と隣接順位差変動

Fig.5 Past car trajectories and change of difference between neighbouring rankings.

相関性を分析し、相関性が大きい区間を予測可能区間とした。具体的には、相関性の評価値として隣接順位差変動値 $J(x)$ を定義し、以下の式 (5) で表した。

$$J(x) = \frac{1}{n(x)} \sum_{i=1}^{n(x)} \{(R_i(x) - R_i(x - \Delta x)) / n(x)\}^2 \quad (5)$$

$R_i(x)$ は位置 x における過去走行軌跡 i の速度の順位、 $n(x)$ は位置 x における過去走行軌跡の合計数、 Δx は隣接位置間の距離である。隣接順位差変動値 $J(x)$ が大きければ位置 x 前後での速度順位変化が大きくなり、位置 x 前後での速度相関性が低いことを表す。図5は、上段が実走行データにおける過去走行軌跡の位置に対する速度変化を表し、下段が各位置における隣接順位差変動値を表したものである。隣接位置間の距離は $\Delta x = 10$ [m] とした。図5下段ので囲んだ部分で隣接順位差変動値が大きくなっているが、これらの位置における速度変動を図5上段で観察すると、各走行軌跡間で速度変化の線の交差が大きくなっている。一方、隣接順位差変動値が小さくなっている位置について観察すると、各走行軌跡間で速度変化の線の交差が少なく、層状になっていることが分

る。よって速度変化が層状になっている区間内部では速度の順位変化は少なく、区間内部上流側の速度の順位から区間内部下流側の速度が予測可能となる。すなわち順位差変動値の小さい区間が予測可能区間となる。

(4) 現在・過去走行軌跡の対比

(3) で算出した予測可能区間内部において、現在走行軌跡と、過去走行軌跡とを対比して予測走行軌跡を算出する。具体的には、現在走行軌跡が存在する区間中での各位置 x における過去走行軌跡群の速度 $V_i(x)$ に対する現在走行軌跡の速度 $V(x)$ の相対的な順位 $R(x)$ を求め、この順位を走行済み区間で平均して現在走行軌跡の平均順位 $\overline{R(x)}$ を求める。平均順位 $\overline{R(x)}$ に相当する速度を、前方未走行区間各位置における過去走行軌跡群から取り出し、予測走行軌跡の速度 $Vp(x)$ とする。平均順位 $\overline{R(x)}$ が非整数となった場合には、平均順位上下の過去走行軌跡の速度を線形補間して速度 $Vp(x)$ を算出する。よって本方式では、過去走行軌跡群の最大値、最小値の範囲内で予測走行軌跡が算出される内挿的な予測方式となっている。

3.2 実車走行実験結果

実車走行実験によって得られたプローブ情報を用いて、前節に示した交通情報予測方式を評価した結果を

以下に示す。

実験には図 6 に示す実験用車載端末を用いた。図 6 の GPS は 1 秒周期で時刻、位置、速度を計測し、計測したデータは実験用車載端末でファイルにロギングした。ロギングしたデータはプローブ情報として PC に取り込み、前節に示した交通情報予測方式によって予測走行軌跡を算出した。

表 2 は実車走行実験を行った区間の諸元である。図 7 は実験で取得した実車走行軌跡を示したものである。図 7 の横軸は国道 6 号線諏訪五差路を起点とした距離、縦軸は各地点での車両の速度を表し、1 つの系列が 1 走行に対応している。図 7 から分かるように、走行実験を行った区間は、朝の通勤時間帯であっても順調に流れるときもあれば、渋滞が発生することもあ



図 6 実験用車載端末
Fig. 6 Prototype of onboard unit.

表 2 実車走行実験区間の諸元
Table 2 Data of experiment road section.

場所	国道6号線上路方向(日立市内)
区間	諏訪五差路→大沼(約4.5km)
走行期間	1999.12.15~2000.11.30
走行回数	34回(7:30~10:00の時間帯)

る区間で、実験では様々な交通状況における走行軌跡データを収集することができた。また予測走行軌跡を算出する区間として、前節で示した隣接順位差変動値が小さい区間を 1 つの区間として、図 7、表 3 に示した区間 1、区間 2 を定めた。図 7、表 3 の参照区間は現在プローブカーが存在する区間であり、実車走行軌跡から現在走行軌跡を取り出して過去走行軌跡群と対比する区間を表し、予測区間はプローブカー未走行区間として予測走行軌跡を求める区間を表す。本研究ではエリアカバー率 2 倍増を目標値に設定しているので、参照区間と予測区間をほぼ等しくとった。なお、予測に際しては、予測を算出する軌跡の予測区間での走行軌跡を除いた他の走行軌跡を、過去、未来含めてすべて過去走行軌跡(34 走行のうち自分自身を除いた 33 走行分)として扱い、走行軌跡ごとに予測走行軌跡を算出した。

図 8 に予測走行軌跡の算出結果、表 4 に評価結果を示す。図 8 は、図 7 で示した区間 2 の走行軌跡ごとの速度を濃淡表示し、実測値と予測値とを比較したものである。各列がそれぞれ走行軌跡、縦方向が距離を表し、左側が実測値の走行軌跡、右側が予測値の走行軌跡である。実測値、予測値の同一走行 No. は同一の走

表 3 予測区間定義
Table 3 Definition of prediction section.

	参照区間	予測区間
区間 1 (420m~1840m)	580m	840m
区間 2 (1450m~2910m)	550m	510m

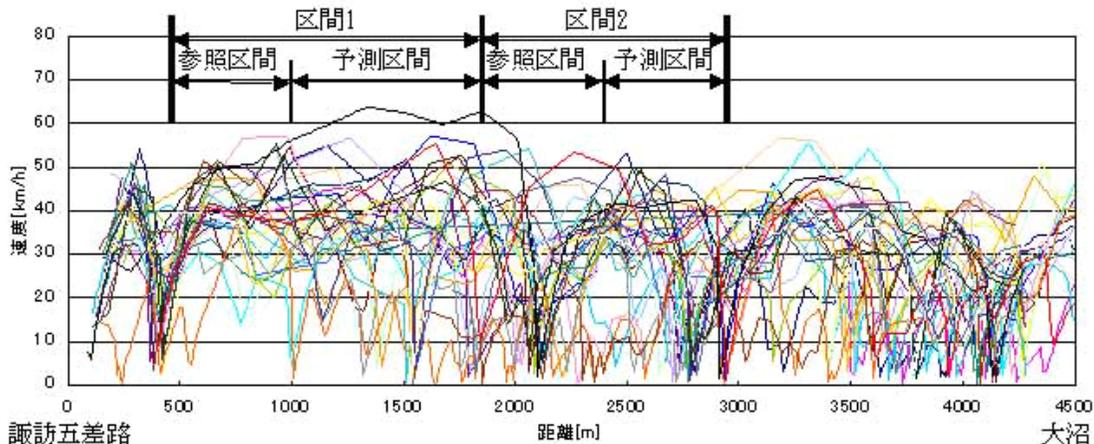


図 7 実車走行軌跡と予測走行軌跡算出区間
Fig. 7 Car trajectories and prediction section.

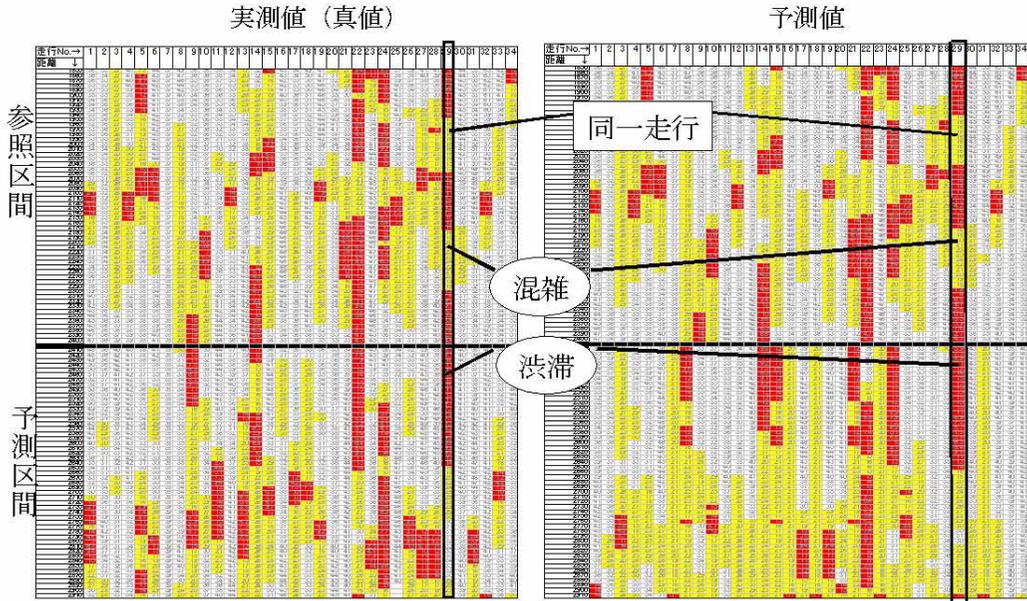


図 8 予測走行軌跡の算出結果 (区間 2 の例)
 Fig. 8 Result of traffic condition prediction (at section 2).

表 4 評価結果
 Table 4 Evaluation result.

		実測		
		順調	混雑	渋滞
予測	順調	53%	14%	4%
	混雑	18%	3%	2%
	渋滞	4%	2%	0.2%
	合計	76%	19%	6%

		実測		
		順調	混雑	渋滞
予測	順調	31%	8%	5%
	混雑	25%	14%	6%
	渋滞	4%	4%	3%
	合計	60%	25%	14%

	区間1	区間2	合計
正答率 (=(順調一致+混雑or渋滞一致)/全体)	60%	57%	59%

混雑：15~30km/h 渋滞：0~15km/h

行を表し、左右で対応している。各マス(10m × 1 走行)の色は速度を表し、色なしの個所が時速 30 km 以上、灰色が時速 15 km から 30 km、黒色が時速 0 km から 15 km を表しており、それぞれ順調、混雑、渋滞と定義する。図 8 の予測区間における実測値、予測値を比較すると、予測値は実測値に対して若干混雑が多

めに出るものの、傾向は一致し良好な結果を示している。表 4 は、図 8 の例に示した順調、混雑、渋滞の区分を定量的に評価した結果である。表 4 上、中段 2 つの表は、区間 1、区間 2 それぞれの予測区間における渋滞区分の内訳を表したものであり、図 8 の 1 マスを 1 つの単位として、予測区間の全マス目に対する渋滞区分を百分率で表したものである。区間 2 を例に説明すると、区間 2 では、実測値の順調個所が全体の 60%であるのに対して、予測値でも順調とした個所が全体の 31%、混雑とした個所が全体の 25%、渋滞とした個所が全体の 4%であることを示している。表 4 下段の表は、区間 1、区間 2、および合計での正答率を示している。ここで正答率とは、実測・予測ともに順調とした個所と、実測・予測ともにどちらかで混雑・渋滞とした個所の全体に対する比率を求めた結果(表 4 上、中段の太線囲み部分の合計)であり、予測がおおむね正しかったことを示す比率である。混雑・渋滞をひとまとめにして正答率を出した理由は、実測値で渋滞となった個所が全体からみて小さく(区間 2 でも全体の 14%にすぎない)、評価に十分な量のデータが得られていないと判断したためである。表 4 の結果を考察すると、正答率に関しては、両区間で大きな違いはなく、約 60%の正答率を示していることが分かる。次に区間ごとの正答率を考察する。区間 1 では、順調個所 76%のうち予測順調個所約 53%となり、順調個所

に限定すると約 70% (= 53/76) の正答率となっている。一方区間 2 では、混雑・渋滞箇所 39% (= 25% + 14%) のうち予測混雑・渋滞箇所 27% (= 14% + 6% + 4% + 3%) となり、混雑・渋滞箇所に限定すると約 70% (= 27/39) の正答率となっている。これは本交通情報予測方式が、区間の交通状況に応じて予測精度が変化し、順調箇所が多い区間では順調時の予測が一致しやすく、混雑・渋滞の発生が多い箇所では混雑・渋滞時の予測が一致しやすい傾向にあるといえる。ただし区間 2 を例にとると、混雑に限定した正答率は 56% (= 14/25)、渋滞に限定した正答率は 21% (= 3/14) となり必ずしも良い一致とはいえない。これは全体に対する渋滞の比率が小さくなっていることが原因であり、正答率を向上させるためには、予測対象を時間帯ごとに分類し、朝のピーク時間帯に限定するなどして渋滞の比率を高める必要があると考える。

以上の評価結果より、本研究における交通情報予測方式では、エリアカバー率を 2 倍としたときに約 70% の正答率を達成できることが分かった。本方式では信号停止の場合の速度も渋滞として扱われているので、この停止を排除することによって、さらなる精度向上が可能かと思われる。具体的には、SS・ST (ショートストップ、ショートトリップ) の概念⁶⁾を導入することにより、停止間あるいは一定時間間隔の平均速度を収集し、この平均速度の履歴を本予測方式に適用することで、停止による速度変動が排除されて安定した予測結果を得ることができると思われる。また、過去の速度履歴を土休日や祝日といった日種による分類、あるいは工事発生などの事象による分類などして予測に活用することで精度向上が可能と思われるが、こうした分類は完全自動化が困難であり、システム構築するためには今後の大きな課題である。

4. おわりに

本研究の研究結果を以下に列挙する。

- プローブカーの普及率とエリアカバー率との関係を定式化した。また、関係式を使ってプローブカーを用いてリアルタイム交通情報を取得するための普及率を試算し、エリアカバー率 99.0% のリアルタイム交通情報を取得するためには、約 5% のプローブカー普及率が必要ことが分かった。
- 過去に蓄積した走行軌跡と現在の走行軌跡とを対比して、リアルタイム交通情報が取得できないプローブカー非存在区間での交通情報を、予測により補完する交通情報予測方式を検討した。さらに

プローブカーの実験システムを構築して実車走行実験を行い、交通情報予測方式の精度評価を行った結果、約 70% の正答率を実現した。

今後はさらなるデータ収集、アルゴリズム改良を進めて、予測精度の向上を図る予定である。

参考文献

- 1) 福本克明：プローブ情報システムの研究，車と情報，Vol.25, pp.12-13 (2001).
- 2) <http://www.internetits.org>. Internet ITS PROJECT
- 3) 石田東生ほか：高度交通情報機器を用いた走行速度調査における抽出率の検討，土木計画学研究・講演集，No.23(1), pp.671-673 (2000).
- 4) Park, C.G., et al.: Determination of Optimal Number of Probe Vehicles for Real-time Traffic Flow Information, *5th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Seoul, Korea (1998).
- 5) Bolla, R., et al.: Estimating Road Traffic Parameters from Mobile Communications, *7th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Turin, Italy (2000).
- 6) 和田光示：プローブ情報システム，平成 13 年度実証実験，車と情報，Vol.26, pp.7-8 (2002).

(平成 14 年 3 月 26 日受付)

(平成 14 年 10 月 7 日採録)



伏木 匠 (正会員)

1973 年生。1998 年 3 月東京大学大学院工学系研究科産業機械工学専攻修士課程修了。同年 4 月 (株) 日立製作所入社。日立研究所勤務。交通管制システムの開発を経て、現在交通情報サービスの研究開発に従事。自動車技術会会員。



岸野 清孝

1949 年生。1974 年 3 月京都工芸繊維大学大学院工学系研究科機械工学専攻修士課程修了。同年 4 月 (株) 日立製作所入社。システム事業部勤務。同事業部において主としてロジスティクス、SCM、EDI 等のコンピュータ応用システム構築業務に従事。システム制御情報学会、計測自動制御学会各会員。技術士 (経営工学部門)。



山根憲一郎

1969年生．1993年3月京都大学工学部土木工学科卒業．同年4月(株)日立製作所入社．日立研究所勤務．交通管制システム，交通流シミュレータの研究開発を経て，現在交通情報サービスの研究開発に従事．土木学会，電気学会各会員．平成11年日本電機工業会進歩賞受賞．



石田 康

1947年生．1973年3月早稲田大学理工学部電気工学修士課程修了．在学中パターン認識のアルゴリズムを研究．現在(株)日立製作所システム事業部産業流通システム本部本部長．製造業・流通業のSCM，ロジスティクスの研究に従事．電気学会，電子情報通信学会各会員．技術士(電気・電子部門)．



横田 孝義(正会員)

1956年生．1984年3月東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了．同年4月(株)日立製作所入社．日立研究所勤務．文書通信端末，交通管制システム，交通流シミュレータの研究開発を経て，現在交通情報サービスの研究開発に従事．電気学会会員．平成5年第13回交通工学研究発表会徳岡記念賞受賞．



伊藤 彰朗

1971年生．1995年3月大阪工業大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了．同年4月(株)日立製作所入社．システム事業部公共・社会システム本部 ITS 推進センター所属．現在，ITS 関連情報サービス分野の事業推進に従事．



権守 直彦

1962年生．1986年3月東京理科大学工学部機械工学科修士課程修了．同年4月(株)日立製作所入社．システム事業部勤務．製造業，流通業のシステムエンジニアリングを経て，現在ロジスティクスのエンジニアリングに従事．
