

インターネット ITS でのプローブ情報送信量削減評価環境

若山 公威[†] 田島 隆行[†] 佐藤 龍哉^{††}
時津 直樹^{††} 岩田 彰[†]

プローブカーシステムは、走行車両が持つ種々のセンサ情報をリアルタイムに収集し、道路交通情報などのアプリケーションに利用するシステムである。アプリケーション精度を上げるには収集する頻度を増やすのがよいが、通信コストが大きくなる問題がある。そこで、本論文では、プローブ情報送信量を削減することを目的として評価環境を構築した。まず、プローブ情報の送信頻度を減らすことで、利用者に提供するプローブ情報の精度がどれだけ劣化するかを評価するための評価式を導入し、インターネット ITS 名古屋地区実証実験で得られたプローブ情報を用いて、通信頻度を減らしたときのシミュレーションを行った。さらに、収集回数を減らしたときの結果を地図上に表示するソフトを作成した。これらを用いて、利用者に提供するプローブ情報の価値を下げない送信頻度の限界値を検討した。

Evaluation Environment of Probe Car Data Reduction Method for Internet ITS

KIMITAKE WAKAYAMA,[†] TAKAYUKI TAJIMA,[†] TATSUYA SATO,^{††}
NAOKI TOKITSU^{††} and AKIRA IWATA[†]

Probe car system collects the various sensor information in vehicles in real time, and those information is used for applications, such as road traffic information system. Although it is good for raising application accuracy to increase the frequency to collect, there is a problem that communication cost becomes high. Then, in this paper, we built evaluation environment for the purpose of cutting down the amount of transmission cost. First, we introduced formulas to evaluate accuracy of the probe information. And we simulated the amount of communication cost when we reduced communication frequency, using the probe information acquired in the Internet ITS field trial in Nagoya. Furthermore, we made software which displays the result on a map. By using these, we examined the limit of probe transmission frequency.

1. はじめに

情報通信技術を取り入れて交通システムの高度化を進める ITS (Intelligent Transport Systems) の中で、車両からプローブ情報を収集・加工してインターネットを介してユーザに提供することにより、新たなビジネスを創出する取り組みが進められている。このインターネットを利用するサービスのための共通の通信基盤とインタフェースの提供を目的として、インターネット ITS の研究開発プロジェクトが開始された¹⁾。

このプロジェクトの一環として、2002年1月から3月まで名古屋地域でタクシー車両を用いた実証実験が

行われた²⁾。この実証実験では、インターネットで結ばれた1,570台のタクシーから走行位置・速度・ワイパーの動作状況などのプローブ情報が定期的に情報センターに送信され、それらを道路交通情報の収集やタクシー業務管理に役立てる試みが行われた。プローブ情報収集には車両と情報センター間で携帯電話パケット通信を行っており、タクシー1台あたり月額5,000円程度の通信料が課金された。タクシー事業者にとってこのコスト負担は大きく、前述の取り組みを実用的なサービスとして運用していくためにはプローブ情報の収集にかかる通信量を少なくすることが課題として残った。

そこで、本研究では、実証実験で得られたプローブ情報を用いて、さらに良い送信パラメータやプローブ送信方式を導き出すことを目的とした。実証実験を再度行うには膨大な費用と手間がかかるため、まずは、

[†] 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology
^{††} 株式会社デンソー
DENSO Co., Ltd.

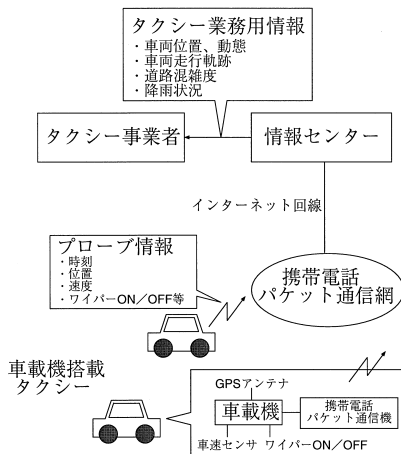


図1 インターネット ITS 名古屋地区実証実験におけるシステム構成

Fig. 1 System of Internet ITS filed trial in Nagoya.

すでにあるデータをもとに、データ削減を検討する環境を構築したものである。

プローブ情報のための通信頻度を減らす場合、どの程度減らすとアプリケーションにどれくらい影響が出るかを知る必要がある。そこで本論文では、データ通信頻度を減らしながらどの程度アプリケーションに影響が出るかを評価するための環境構築を行った。まず、評価値の導入を行い、名古屋地区実証実験で収集したプローブ情報を使って、その収集回数を減らしたときのシミュレーションを行った。そして、プローブ情報を削減したときの混雑状態などの結果を地図上に表示するソフトを作成し、評価値と表示画面によって削減可能な通信頻度の検討を行った。

以下では、まず2章でインターネット ITS 名古屋地区実証実験の概要を述べ、3章でプローブ情報通信頻度の削減方法について述べる。次に、4章でプローブ情報通信頻度削減時評価値の導入について、5章で通信頻度削減シミュレーションソフト、6章で削減のためのパラメータ見積りに関して述べる。そして、7章で考察と他の方式との比較を行う。

2. インターネット ITS 名古屋地区実証実験

名古屋地区実証実験におけるシステムの構成を図1に示す。

実験に用いた1,570台のタクシー車両には、車載機と無線機が搭載された。これらの車両から携帯電話パケット通信網を通して、位置、走行速度、実車/空車、ワイパー ON/OFFなどのプローブ情報が定期的に情報センターに送信された。情報センターではこれらのデータを処理し、各タクシー会社に自社車両の位置・

動態情報や走行軌跡情報、車両速度情報、ワイパー稼働情報を配信した。タクシー各社では配車センターのパソコン上にこれらの情報が地図表示され、以下のようなタクシー業務管理に用いることができる。

- 車両位置・動態情報を用いることにより、顧客からの配車注文に対して、最寄りの空車を見つけ配車指示することができる。
- 車両走行軌跡情報は、走行実績管理に用いることができるほか、車内の忘れ物探し、交通事故の目撃者探しなどにも用いることができる。
- 現状では、渋滞情報はカメラや赤外線センサが設置された主要道路についてしか分からない。このため、タクシー運転手が混雑を避けてなるべく早く目的地へと着くようルートを組み立てる際に、交通情報のない道については自分の経験に頼るしかなかった。実際に道路を走行している車両の速度情報をもとにした道路混雑情報を用いることにより、よりの確に運転経路を選ぶことができる。
- 車両のワイパー稼働情報をもとに雨が降っていると思われる地域に空車を回せば、急な雨で困っている人がタクシーを見つけやすくなり乗車率も高まるため、業務の効率化につながる。

なお、車両速度とワイパー稼働情報については、Webサイトで一般利用者に対しても提供された³⁾。

この実証実験において、タクシー1台あたりの1日分のプローブ送信回数は平均1,378回となった。プローブ情報収集には車両とセンター間で携帯電話パケット通信を行っており、タクシー1台あたり月額5,000円程度の通信料が課金された。タクシー事業者にとってこのコスト負担は大きく、実用的なサービスとして運用していく場合の課題として残った。送信データ量を減らすためにタクシー台数を減らすと、広範囲の情報をまんべんなく取得することができなくなる。そのため、台数は減らさないで、提供する情報の価値を落とさないようにプローブ情報送信頻度を減らすことが必要となる。

3. プローブ情報送信頻度の削減方法

プローブ情報の通信頻度を削減するために、どれだけ削減するとアプリケーションにどの程度影響が出るか確認できる必要があるが、現状ではこのような確認ができない。そこで、本研究ではシミュレーションができる環境を準備した。

インターネット ITS 名古屋実証実験では、1,570台のタクシーから表1の左欄に示すイベント時にプローブを送信した。このプローブそれぞれには、車両ID、

表1 プローブ情報送信条件と割合

Table 1 Conditions and rate of probe data transmission.

送信条件	割合 (%)
連続 300 m 走行時	33.7
連続停車 550 秒	2.0
発車	31.3
停車	29.7
実車/空車フラグ変化時	2.6
急加速	0.0
急減速	0.5
緊急通知	0.2

時刻, 速度, 積算走行距離, 経度, 緯度などの情報が含まれている. 表 1 のイベントのうち, 連続 300 m 走行時と連続停車 550 秒についてはいずれか早い方の発生時にプローブ情報を送信しており, その他のイベントについては発生時に必ずプローブ情報を送信した. 発車とは速度が 3 km/h を上回ったとき, 停車は 0 km/h となったときに送信された.

実験で収集したすべてのプローブ情報について, その発生イベントの内訳を調べた結果, 表 1 の右欄のようになった. この結果より, 車両から送信されたプローブ情報のほとんどは連続走行距離 300 m, 発車, 停車時のデータであることが分かった. したがって, この 3 つの条件についてパラメータを変化させることによりプローブ情報通信頻度の削減を評価できるようにした.

連続走行距離パラメータは, 0 m, 100 m, ..., 1,000 m と 100 m ごとに変化させた. ただし, 実証実験で収集されたプローブ情報の中には, 変更した連続走行距離パラメータ分だけ車両が走行したときのプローブ情報が存在しない. そこで, たとえば連続走行距離を 500 m に変化させるときは, 実験で収集したすべてのプローブ情報中の積算走行距離情報を調べ, 前回プローブ情報を送信したときから車両走行距離が 500 m 以下の間に情報センターに送信したプローブ情報をすべて削除し, 走行距離が 500 m を超えて最初に送信したデータを用いた.

また, 発車パラメータは, 発車時のプローブ情報を必ず用いるか, あるいは用いないかのいずれかのうちで変化させた. 停車パラメータについても, 停車時のデータを必ず用いるか, あるいは用いないかのいずれかのうちで変化させた.

以上のパラメータを組み合わせると, 名古屋地区実証実験のときに収集したプローブ情報を間引くことで, プローブ情報通信頻度の削減を行った.

4. タクシー業務用情報の精度劣化の評価

本章では車両走行軌跡, 車両速度情報, ワイパー稼働情報について, 削減時の情報精度劣化を定量的に求めるための評価値を導入し, プローブ情報削減にともなう評価値の変化を求めた. 車両位置・動態情報については, プローブ情報を削減した分だけ情報の精度が劣化することが明らかであるため, 削減評価の対象外とした.

4.1 準備

プローブ情報としては, 名古屋地区実証実験期間中 (2002 年 1 月 1 日から 3 月 31 日までの間) に, 実験車両 1,570 台から収集されたものを使用した. このデータを用いて, 3 章で述べたとおり連続走行距離, 発車, 停車の条件についてパラメータを変化させることにより, プローブ情報の削減量を求めた.

プローブ情報がどの程度削減されたかを示すプローブ情報削減率は, 削減前のプローブ情報量 P と削減後のプローブ情報量 P' を用いて次式で求めた.

$$\text{プローブ情報削減率} = \frac{P - P'}{P} \quad (1)$$

4.2 車両走行軌跡

車両走行軌跡の精度評価値 E_T は次式で求めた.

$$E_T = \frac{D_{\text{straight}}}{D_{\text{actual}}} \quad (2)$$

ただし,

- D_{straight} : 対象車両のプローブ情報送信地点間を結ぶ直線距離,
- D_{actual} : プローブ情報中の積算走行距離情報から計算した対象車両の実走行距離,

である. プローブ情報通信頻度を削減しない状態では, 送信地点間を結ぶ直線経路と実走行経路がほとんど一致するので, 式 (2) の計算値は 1 に近くなるが, プローブ情報を間引くに従って直線経路は短絡されていくので, 評価値は小さくなる.

式 (2) の評価値を用いて, プローブ情報送信パラメータを変化させたときの車両走行軌跡に関する精度評価を行ったところ, 図 2 の結果が得られた. グラフ中の各点は, 3 章で述べた連続走行距離パラメータを, 0 m, 100 m, ..., 1,000 m と変化させたときの評価結果に対応しており, 距離が大きくなるほど E_T が小さくなり, プローブ情報削減率は 1.0 に近くなっている. このグラフから, 車両走行軌跡については, 発車時のプローブ情報を必ず用いたときに最も良い結果が得られた. 発車時と停車時の両方のプローブ情報を用いた場合は, 他の場合に比べて連続走行距離パラメータを

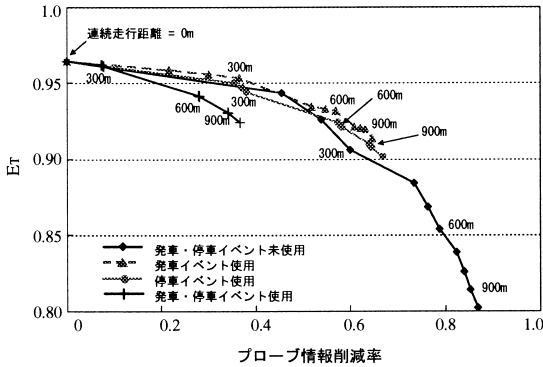


図2 車両走行軌跡情報の評価結果
Fig. 2 Evaluation result of vehicle trace.

表2 速度のクラス分け
Table 2 Class of speed.

クラス	速度 (km/h)
1	0 以上, 10 未満
2	10 以上, 20 未満
3	20 以上, 30 未満
4	30 以上, 40 未満
5	40 以上

長くしても評価値が高かったが、プローブ情報削減量があまり減らないというデメリットがあった。

4.3 車両速度情報

次に車両速度情報について示す。

車両速度情報の精度は、プローブ情報取得リンク率 EC_1 、および速度一致率 EC_2 の2つの指標を用いて評価を行った。ここでいうリンクとは、隣接する交差点間の道路区間のことである。

EC_1 はプローブ情報削減前と削減後におけるプローブ情報取得リンク率であり、次式で求めた。

$$EC_1 = \frac{N'_{link}}{N_{link}} \tag{3}$$

ただし、

- N_{link} : 削減前のプローブ情報取得リンク数,
- N'_{link} : 削減後のプローブ情報取得リンク数,

である。プローブ情報取得リンク数とは、リンク上の実験車両から情報センターへプローブ情報が1回以上送信されたリンクの数を示している。プローブ情報通信頻度を削減すると、走行車両からプローブ情報が上がってきたリンクの数、つまり情報センター側で速度情報を取得できたリンクの数が削減前に比べて減ってしまう。その割合を表したのが EC_1 である。すなわち、プローブ情報削減後に、プローブ情報取得リンク数がほとんど減らないと EC_1 は1.0に近くなり、大幅に減ると0に近くなる。

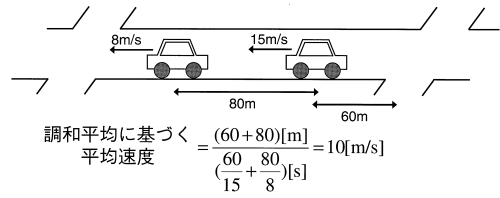


図3 リンク内車両平均速度の計算例
Fig. 3 Example of calculation of vehicles average speed within a link.

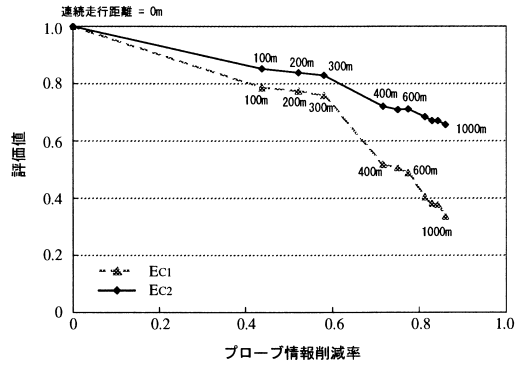


図4 車両速度情報の評価結果
Fig. 4 Evaluation result of vehicle speed.

EC_2 はプローブ情報削減前と削減後でのクラス分けした速度の一致率であり、次式で求めた。

$$EC_2 = \frac{N_{speed}}{N'_{link}} \tag{4}$$

ただし、 N_{speed} は、リンク内平均速度が削減前と削減後で同じクラスであったリンクの数を表している。クラス分けには、参考文献3)のWebサイトでの速度表示時のクラス分けに従い、表2を用いた。

EC_2 は、送信頻度削減後にプローブ情報を取得できたリンクについて、リンク内車両平均速度をクラス分けした結果が、削減前と一致したリンク数の割合を表す。プローブ情報削減後に、クラス分けした速度情報が削減前とほとんど変わらなければ EC_2 は1.0に近くなり、大きく変わると0に近くなる。

速度情報の算出には10分間に各車両から上がってきたプローブ情報を用い、同一リンクごとにその平均速度を計算した。車両平均速度は、図3に示した例のように、同一リンク内から収集された車両速度の調和平均をとって計算した。

評価値 EC_1, EC_2 を用いて、プローブ情報送信パラメータを変化させたときの、実証実験全期間における車両速度情報に関する精度評価を行ったところ、図4の結果が得られた。車両速度情報については、連続走行距離パラメータのみを0m, 100m, ..., 1,000mの

表3 ワイパー稼働率のクラス分け
Table 3 Class of wiper working rate.

クラス	稼働率
1	0 以上, 0.25 未満
2	0.25 以上, 0.5 未満
3	0.5 以上, 0.75 未満
4	0.75 以上, 1.0 未満

間で変化させ、発車および停車イベントは用いなかった。このグラフから、プローブ情報を削減すると、プローブ情報を取得できたリンクの数が急激に減ってしまうことが分かった。また、プローブ情報削減後にプローブ情報を取得できたリンクについては、クラス分けしたリンク内平均速度がデータ削減前と異なるケースが3割程度にとどまった。

4.4 ワイパー稼働情報

次にワイパー稼働情報について示す。

プローブ情報取得範囲を1km四方のメッシュに分け、ワイパー稼働情報の算出に利用した。ワイパー稼働情報の精度は、車両速度情報の精度評価のときと同様な2つの値 E_{R1} , E_{R2} によって評価を行った。 E_{R1} はプローブ情報取得メッシュの一致率であり、次式で求めた。

$$E_{R1} = \frac{N'_{mesh}}{N_{mesh}} \tag{5}$$

ただし、

- N_{mesh} : 削減前におけるプローブ情報取得メッシュ数,
- N'_{mesh} : 削減後におけるプローブ情報取得メッシュ数,

である。プローブ情報取得メッシュ数とは、メッシュ内の実験車両から情報センターへ1回以上プローブ情報が送信されたメッシュの数を示している。

E_{R2} はワイパー稼働の一致率であり、次式で求めた。

$$E_{R2} = \frac{N_{wiper}}{N'_{mesh}} \tag{6}$$

ただし、 N_{wiper} は、メッシュ内でのワイパー稼働率が削減前と削減後で同じクラスであったメッシュ数を表している。クラス分けには参考文献3)のWebサイトでのワイパー稼働率のクラス分けに従い、表3を使った。ワイパー稼働率は、メッシュ内でワイパーを稼働させている車両の割合が多くなるに従い1.0に近くなる。

E_{R1} は、プローブ情報削減後もプローブ情報を取得できたメッシュがどれくらいあるかを表す。また、 E_{R2} は、削減後にプローブ情報を取得できたメッシュについて、ワイパー稼働率を4段階にクラス分けした

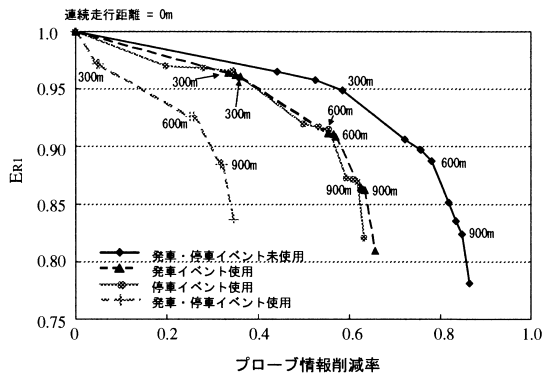


図5 プローブ情報取得メッシュの一致率

Fig. 5 The coincidence rate of probe information acquisition mesh.

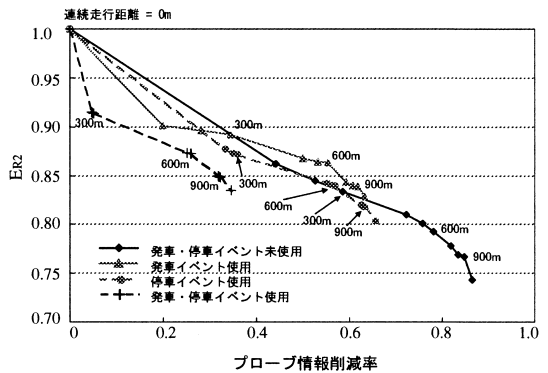


図6 ワイパー稼働一致率

Fig. 6 The coincidence rate of wiper working rate.

結果が、データ削減前と一致していた割合を表す。

E_{R1} , E_{R2} の評価値を用いて、プローブ情報送信パラメータを変化させたときのワイパー稼働状況に関する精度評価を行った。その結果、 E_{R1} については図5の結果が得られた。実証実験全期間において、10分ごとに各車両から上がってきたプローブ情報を用いて計算した評価値の平均である。このグラフから、送信頻度を削減してもプローブ情報を取得できるメッシュの数は2割程度しか減らないことが分かった。これは、プローブ情報送信間隔を長くしたとしても、走行車両が1km四方のエリアを出るまでにはプローブ情報を送信する可能性が高いためと考えられる。また、プローブ情報送信パラメータを変化させたときの E_{R2} を図6に示す。このグラフから、発車時のプローブ情報を用いたときが最も良い結果になることが分かった。

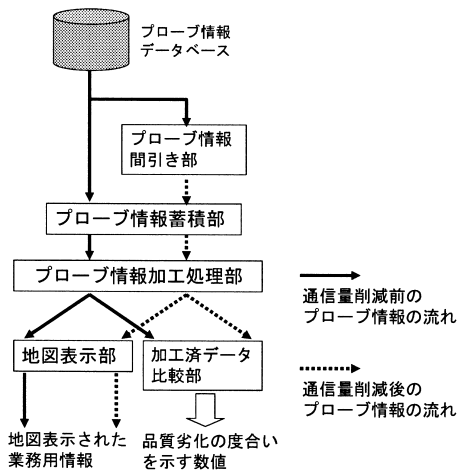


図7 シミュレーションソフトのフロー
Fig. 7 Flow of simulation software.

5. プローブ情報通信量削減シミュレーションソフトの作成

5.1 目的

4章では、3章に述べた手順でプローブ情報通信量を削減した場合に、加工後の情報に生じる品質劣化を数値によって把握することを試みた。しかし、タクシー事業者に提供すべき業務用情報は、加工後のデータを地図上に表示させた視覚的な情報である。したがって、プローブ情報量を削減した場合に加工して得られたデータを地図上に表示して、それを削減前の場合と比較することによって、業務用情報に生じる変化を視覚的に把握することも重要である。そこで、プローブ情報削減の影響を視覚的にも評価できる環境の構築を目的として、業務用情報を地図表示するシミュレーションソフトを開発した。

5.2 設計

プローブ情報通信量削減シミュレーションソフトを作成するために、図7のようなモデルを設計した。

データベース内プローブ情報は、プローブ情報蓄積部およびプローブ情報間引き部へと入力される。プローブ情報蓄積部では、入力されたプローブ情報を蓄積する処理を行う。プローブ情報間引き部では、送信条件のプローブ情報送信タイミングに従ってプローブ情報を間引く処理を行う。ここでは、所望のプローブ情報送信タイミングを指定してから、3章で述べたプローブ情報削減手順に従ってプローブ情報を減らすことにする。したがって、車両から上がってきたプローブ情報をプローブ情報蓄積部へ入力する前にプローブ情報間引き部を介すことで、通信頻度削減後のプローブ

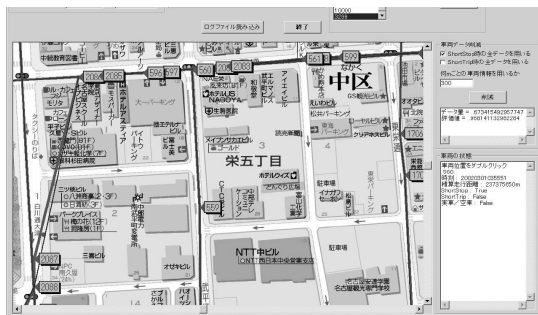


図8 車両走行軌跡シミュレーションソフト
Fig. 8 Simulation software of travel trace.

ブ情報が得られる。

プローブ情報加工処理部では、蓄積されたプローブ情報のうち、一定時間内に車両から上がった情報を使ってプローブ情報の加工処理を行い、各業務用情報を得る。

地図表示部では加工後のプローブ情報を入力として、地図上に情報を表示し、これによりプローブ情報削減前後の業務用情報を視覚的に把握できるようにする。

加工済データ比較部では、プローブ情報削減前と後における各種交通情報を入力として、プローブ情報送信条件変更時のプローブ情報削減率および4章で導入した評価値を計算して、加工後の情報に生じる品質劣化を数値により把握できるようにする。

5.3 実装

図7のモデルをもとにプローブ情報通信量削減シミュレーションソフトの実装を行った。ソフトの実装は各業務用情報ごとに別々に行い、プログラム言語として Visual Basic 6.0 を用いた。また、地図表示部ではプロアトラス開発キット Ver.2.3 をライブラリとして使用した。

5.3.1 車両走行軌跡

車両走行軌跡のプローブ情報通信量削減シミュレーションソフトを実装したところ、その概観は図8のようになった。

プローブ情報蓄積部には、月日と車両を指定して該当する車両1台のプローブ情報1日分を蓄積する。

プローブ情報間引き部では、地図横にボックスを用意しておき、ボックス内でプローブ情報送信条件を指定してからボタンを押すことでプローブ情報送信頻度を削減できるようにした。

プローブ情報加工処理部では、車両から上がってきた1日分のプローブ情報のうち緯度・経度情報を用いて、送信地点間を結ぶ直線経路を車両走行軌跡とした。

プローブ情報表示部では、車両がプローブ情報を送



図9 車両速度情報シミュレーションソフト
Fig. 9 Simulation software of vehicles speed.

信した位置を矢印で表し、矢印横の数字で車両が通過した順番を表した。そして車両が通過した順に矢印を直線で結び、1日分の車両走行軌跡として表示した。さらに、矢印をダブルクリックすると、プローブ情報を送信した車両がその地点を通過したときの時刻や動態情報が、地図右横のテキストボックス内に表示されるようにした。また、頻度削減後の車両走行軌跡は別の色で表示されるようにした。

加工済データ比較部では、プローブ情報削減率および評価値を地図の横のテキストボックス内に表示した。

5.3.2 車両速度情報

車両速度情報のプローブ情報削減シミュレーションソフトを実装したところ、その概観は図9のようになった。

プローブ情報蓄積部には、月日と任意台数の車両を指定して該当する車両のプローブ情報1日分を蓄積する。

車両速度情報についても、プローブ情報間引き部に指定するプローブ情報送信条件は、地図横のボックス内に記入して指定できるようにした。

プローブ情報加工処理部では、速度情報を知りたい時刻を指定して、蓄積されたプローブ情報のうち該当する時間帯10分間に各車両から上がってきた情報を用いて、同一リンクごとにその平均速度を計算した。

地図表示部では、プローブ情報通信頻度削減前の混雑情報がウィンドウ内左側の地図上に、削減後の混雑情報が右側の地図上に表示されるようにした。そして、計算した平均速度は表2の速度クラスごとに色分けした矢印で地図上に表示した。さらに、矢印をダブルクリックすると、そのリンク内の車両台数や車両平均速度などが、地図右横のテキストボックス内に表示されるようにした。

5.3.3 ワイパー稼働情報

ワイパー稼働情報のプローブ情報削減シミュレ-

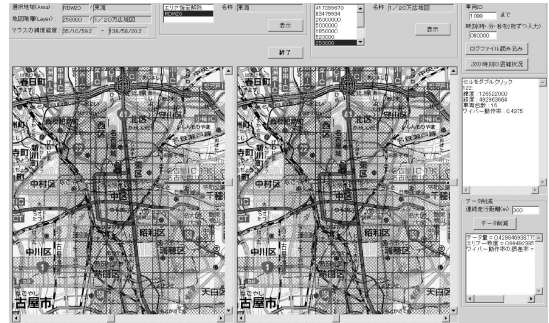


図10 ワイパー稼働情報シミュレーションソフト
Fig. 10 Simulation software of wiper working information.

ーションソフトを実装したところ、その概観は図10のようになった。

ワイパー稼働情報についても、月日と任意台数の車両を指定して該当する車両のプローブ情報1日分をプローブ情報蓄積部に蓄積する。

プローブ情報加工処理部では、ワイパー稼働情報を知りたい時刻を指定して、該当する時間帯10分間に各車両から上がってきたプローブ情報を用いた。そして、プローブ情報中のワイパー稼働 ON/OFF 情報から、1 km 四方のメッシュごとにワイパー稼働率を計算した。

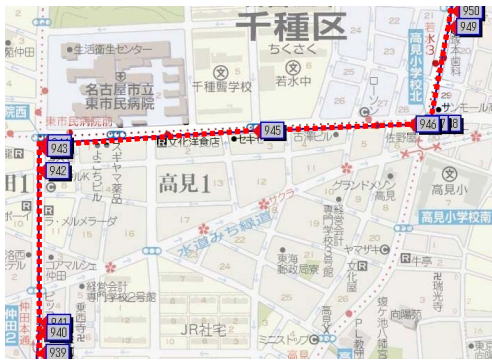
地図表示部では、結果を表3のクラスごとに色を分けて地図上に表示した。ワイパー稼働情報についても混雑情報と同様に、送信頻度削減前と削減後の情報を並べて地図表示した。そして、メッシュをダブルクリックすると、そのメッシュ内の車両台数やワイパー稼働率などが地図右横のテキストボックス内に表示されるようにした。

5.4 結果

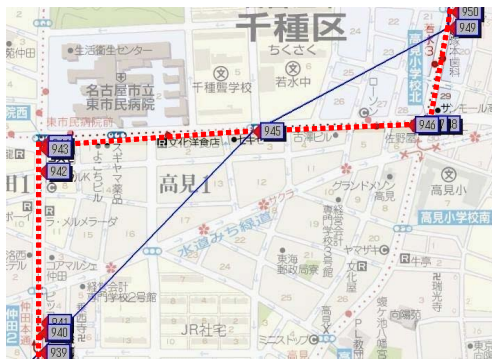
プローブ情報削減シミュレーションソフトを用いた結果をいくつか示す。

まず、プローブ情報を削減して評価値 E_T が 0.96 になったときの車両走行軌跡の一部を図 11 (a) に示す。点線が削除前の軌跡で、実線が削除後の軌跡である。図の範囲では、削除前と削除後の軌跡とも一致している。プローブ情報をさらに削減して E_T が 0.90 になったときの軌跡を図 11 (b) に示す。実線が削除後の軌跡であり、車両が右左折したときの経路が正確に把握できなくなる様子が観察できた。

次に、プローブ情報削減前の車両速度情報の一部を図 12 (a) に、このプローブ情報を削減して評価値 E_{C1} が 0.82 になったときの速度情報を図 12 (b) に、0.61 になったときの速度情報を図 12 (c) に示す。これらの



(a) プローブ情報削減率=0.35, $E_T = 0.96$



(b) プローブ情報削減率=0.64, $E_T = 0.90$

図 11 車両走行軌跡のシミュレーション結果
Fig. 11 Simulation result of vehicle trace.

図からも分かるように、プローブ情報を削減するとリンク長の短い道路が多い都市中心部において、プローブ情報取得リンク数が特に減少することを確認できた。

最後に、プローブ情報削減前のワイパー稼働情報の一部を図 13 (a) に示す。この図の範囲は、名古屋市中心部とその近郊である。評価値 E_{R1} が 0.93 のときのワイパー稼働情報を図 13 (b) に、0.81 のときのワイパー稼働情報を図 13 (c) に示す。図 13 から分かるように、プローブ情報を削減すると主に都市郊外におけるワイパー稼働情報取得メッシュ数が減少するものの、ワイパー稼働情報の全体的な分布は大きく変化しないことが確認できた。

6. プローブ情報通信量削減のためのパラメータ見積り

筆者らにより、シミュレーションソフトを用いてプローブ情報送信頻度削減時の地図表示結果とそのときの評価値を観察し、各タクシー業務用情報としての価値を下げない限界値およびプローブ情報送信量削減のためのパラメータを探った。



(a) プローブ情報削減前



(b) プローブ情報削減率=0.48, $E_{C1} = 0.82$, $E_{C2} = 0.84$

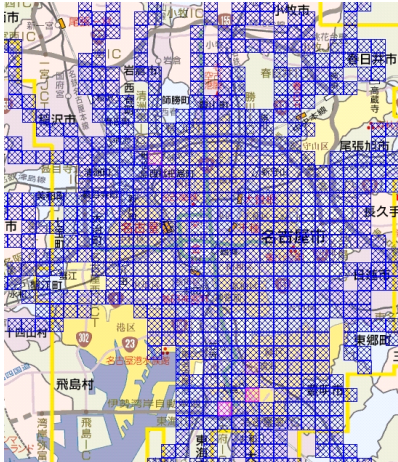


(c) プローブ情報削減率=0.61, $E_{C1} = 0.61$, $E_{C2} = 0.76$

図 12 車両速度情報のシミュレーション結果
Fig. 12 Simulation result of vehicle speed.

地図上での車両走行軌跡とその評価値を観察した結果、評価値 E_T が 0.95 以上ならば、車両が右左折を繰り返したときの軌跡についても正確に把握できた。そのため十分な精度といえる E_T の目安は 0.95 付近と仮定した。そして E_T が 0.95 に近く、かつプローブ情報通信量の削減効果が期待できるパラメータとして、連続 300 m 走行時と発車時の組合せが最適であると判断した。このパラメータでプローブ情報を送信した場合、プローブ情報を 36% 削減できることが分かった。

車両速度情報については、プローブ情報通信量削減後の車両速度情報が削減前の情報と十分同等であると見なせる評価値の目安が、 E_{C1} , E_{C2} とともに 0.8 付近



(a) プローブ情報削減前

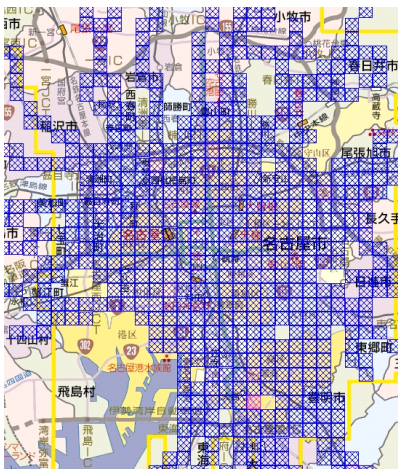
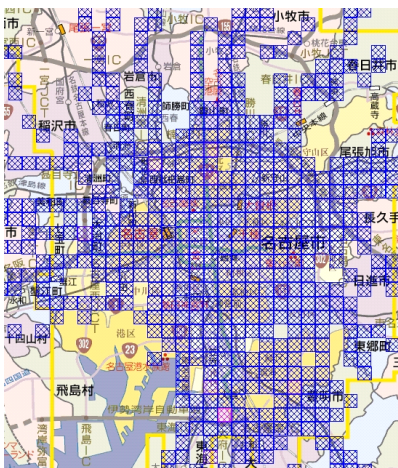
(b) プローブ情報削減率=0.47, $E_{R1} = 0.93$, $E_{R2} = 0.89$ (c) プローブ情報削減率=0.73, $E_{R1} = 0.81$, $E_{R2} = 0.85$

図 13 ワイパー稼働情報のシミュレーション結果

Fig. 13 Simulation result of wiper working information.

であると判断できた．この条件に近いパラメータとして連続 300 m 走行時を選ぶと、プローブ情報を 58% 削減できることが分かった．

ワイパー稼働情報については、プローブ情報通信量削減後のワイパー稼働情報が削減前の情報と十分同等であると見なせる評価値の目安が、 E_{R1} 、 E_{R2} ともに 0.9 付近であると判断できた．この条件に近いパラメータとして連続 300 m 走行時と発車時の組合せを選ぶと、プローブ情報を 36% 削減できることが分かった．

7. 考 察

プローブ情報送信条件の変更は 3 章で述べた方法により行っているため、実際には、走行車両は連続走行距離パラメータ以上の間隔でプローブ情報を送信していることになる．また、インターネット ITS 名古屋地区実証実験では走行車両から 300 m ごとにプローブ情報を送信していたため、図 2、図 4、図 5、図 6 から分かるように、連続走行距離パラメータが 300 m の倍数でない場合には、プローブ情報削減結果が 300 m の倍数のときの結果に近くなる傾向が見られた．

今回はプローブ情報を間引くことにより一律に送信頻度を下げたが、車両台数が多い都市中心部では頻度を下げるなどの方法も利用可能と考えられる．また、今回はタクシーから情報センターへの通信のみであったが、情報センターからタクシーへ制御通信を行うことにより減らすことも可能と思われる．ただし、この場合、制御用の通信が失われる場合を考慮する必要があるため、現在より複雑な通信方式にする必要がある．

アプリケーションの目的により、どの程度の評価値で良いかが決まるため、どれだけ削除してよいかということは一概にはいえない．アプリケーションの利用者によって、どの評価値が適切かの検討をする必要がある．今回は我々が評価を行ったが、今後は、タクシー用アプリケーションを用いるタクシー事業者に評価してもらった必要がある．

関連する研究としては、後藤らにより通信量を減らす試みが行われている⁴⁾．直線に近似することにより削減しようというものである．削減前と削減後の誤差は求められているが、実際のアプリケーションにどの程度影響がでるか分からない．我々の研究のような評価環境が必要となるだろう．

また、伏木らによりプローブカーが少ない状況での交通情報予測方式の検討がなされている⁵⁾．リアルタイムのプローブ情報を取得できないエリアにおいて、過去のプローブ情報をもとに交通情報を予測するもの

である。渋滞情報に関してリアルタイムの情報が得られないリンクの予測をするには役立つが、走行軌跡や降雨情報には利用できない。

8. ま と め

本論文では、インターネット ITS におけるプローブ情報送信量を削減することを目的として評価環境を構築した。まず、プローブ情報の通信頻度を減らすことで、利用者に提供するプローブ情報の精度がどれだけ劣化するかを評価するための評価式を導入し、通信頻度を減らしたときのシミュレーションを行った。さらに、収集回数を減らしたときの結果を地図上に表示するソフトを作成した。この結果、視覚と定量的に評価することが可能となった。これらの地図表示結果と精度評価結果から利用者に提供するプローブ情報の価値を下げない限界値を検討した。

今後は、利用者による評価が必要である。

謝辞 本研究を進めるにあたり、活発にご討論いただいた平成 13 年度即効型地域新生コンソーシアム研究開発事業「車のインターネット接続による新たなコンテンツ事業の研究開発」のメンバー皆様に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 和泉順子, 湧川隆次, 川喜田佑介, 秋山由和: インターネット ITS プロジェクトの概要, 情報処理, Vol.43, No.4, pp.369-375 (2002).
- 2) 時津直樹, 高橋邦彦: インターネット ITS プロジェクト(実験編), 情報処理, Vol.43, No.4, pp.376-385 (2002).
- 3) InternetITS Research Group.
<http://www.internetits.org/>
- 4) 後藤若菜, 三宮 肇: 旅行時間収集における車両位置データ量削減方法 車両位置検索システムの応用, 情報処理学会研究報告 2002-ITS-8, pp.15-20 (2002).
- 5) 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: プローブカーを利用した交通情報予測方式の検討, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3801-3808 (2002).

(平成 15 年 3 月 31 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)



若山 公威(正会員)

平成 5 年名古屋工業大学電気情報工学科卒業。平成 7 年同大学大学院博士前期課程修了。同年沖電気工業株式会社入社。平成 10 年より名古屋工業大学工学部助手。ネットワークセキュリティ、インターネット ITS に関する研究に従事。電子情報通信学会会員。



田島 隆行(学生会員)

平成 14 年名古屋工業大学電気情報工学科卒業。現在、同大学大学院博士前期課程に在学中。インターネット ITS に関する研究に従事。



佐藤 龍哉(正会員)

昭和 59 年名古屋大学大学院情報工学専攻修士課程修了。昭和 63 年株式会社デンソー入社。デンソー基礎研究所でデジタル信号処理・音声信号処理の研究開発に従事。平成 13 年よりデンソー ITS 開発部にて、ITS およびナビゲーションシステムの開発に従事。



時津 直樹

昭和 47 年名古屋工業大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程修了。同年日本電装株式会社(現、株式会社デンソー)入社。IC カード、ETC、RF タグ事業を担当し、平成 11 年より ITS 技術部長として、インターネット ITS やプローブ情報システムの研究開発に従事。平成 15 年より、デンソーより出向してインターネット ITS 協議会の事務局長を兼務。



岩田 彰(正会員)

昭和 48 年名古屋大学工学部電気学科卒業．昭和 50 年同大学大学院修士課程修了．同年名古屋工業大学工学部助手．昭和 57 年 4 月より昭和 58 年 10 月までドイツ連邦共和国ギーゼン大学医用情報研究所客員研究員．昭和 59 年名古屋工業大学工学部情報工学科助教授．平成 5 年名古屋工業大学工学部電気情報工学科教授．平成 14 年 10 月より名古屋工業大学副学長．現在に至る．ニューラルネットワーク，生体情報処理，医療情報システム，情報セキュリティ，インターネットコンテンツ開発技術に関する研究．昭和 55 年日本 ME 学会研究奨励賞受賞．平成 4 年郵政省郵政研究所主催文字認識コンテスト奨励賞受賞．平成 5 年電子情報通信学会論文賞受賞．平成 10 年情報処理学会「Best Author 賞」受賞．工学博士．電子情報通信学会，日本 ME 学会，日本心電図学会，日本神経回路学会，日本医療情報学会各会員．IEEE Senior Member．
