

インターネット ITS におけるプローブデータ通信量の削減

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

[†] 名古屋工業大学電気情報工学科 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町

^{††} 株式会社 デンソー 〒448-8661 愛知県刈谷市昭和町 1-1

E-mail: †{taka@mars., wakayama@iwata@}elcom.nitech.ac.jp, ††{tatsu@hcom,
naoki.tokitsu@mgtnt.net}.denso.co.jp

あらまし プローブ情報システムは、走行車両が持つ種々のセンサ情報(プローブデータ)をリアルタイムに収集し、道路交通情報等として利用するシステムである。プローブ情報システムの問題点は、プローブデータの収集に携帯電話を用いるので、精度の高い交通情報を得ようとして多くのプローブデータを収集するとパケット通信費が増えることである。本稿は、名古屋地区におけるインターネット ITS 実証実験の結果をもとに、プローブデータの収集にかかる通信費を抑えることを目的とした。具体的には、名古屋地区実証実験で収集したプローブデータを使って、その収集回数を減らした時のシミュレーションを行い、その中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探ることで、パケット通信量の削減を図った。

キーワード プローブ情報システム, インターネット ITS

Reducion of the amount of Probe Car data in Internet ITS

Takayuki TAJIMA[†], Kimitake WAKAYAMA[†], Tatsuya SATO^{††}, Naoki TOKITSU^{††}, and Akira IWATA[†]

[†] Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Nagoya-shi, Aichi, 466-8555 Japan

^{††} Denso Co., Ltd Showa-cho 1-1, Kariya-shi, Aichi, 448-8661 Japan

E-mail: †{taka@mars., wakayama@iwata@}elcom.nitech.ac.jp, ††{tatsu@hcom,
naoki.tokitsu@mgtnt.net}.denso.co.jp

Abstract Under the Probe Car System, many kinds of sensor data in vehicles on the road is collected on real time, and used to create traffic information. With this system, if many data is collected from Probe Cars to obtain correct traffic information, packet telephony cost is raised, because cellular phone is used to collect data. A purpose of this report is reduction of packet telephony cost, based on the result of Internet ITS field test in Nagoya. Specifically, we used Probe Car data collected in Internet ITS field test in Nagoya, and simulated the result when the frequency of the collection is reduced, and searched the limit of Probe Imformation that is valuable enough for users, and tried to reduce the amount of packets.

Key words Probe Car System, Internet ITS

1. はじめに

プローブ情報システムは、車をプローブ(Probe:探索針)とみなし、走行車両が持つ種々のセンサ情報(プローブデータ)を収集して利用するシステムである。このシステムは、道路に設置したセンサから交通情報を収集する VICS 等と比べて、安価に広範囲に道路状況を把握することが可能である。

名古屋地区におけるインターネット ITS 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データが定期的にセンタに送信され、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[1]。この実験では、プローブデータ収集のために車両センタ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、上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データの収集にかかる通信費をもっと少なくする必要がある。

そこで本稿では、まず、名古屋地区実証実験で収集したブ

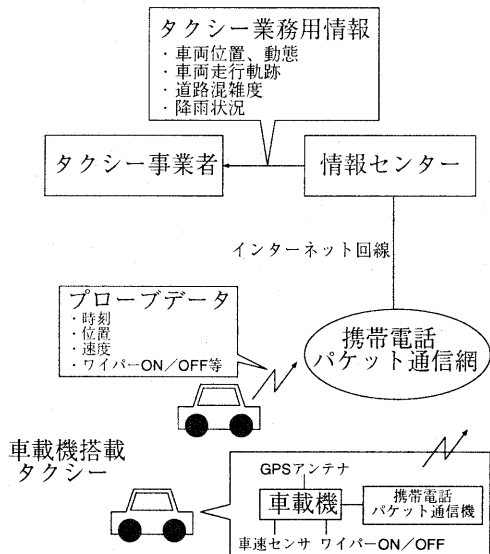


図1 インターネット ITS 名古屋地区実証実験におけるプローブ情報システム構成図

プローブデータを使って、その収集回数を減らした時のシミュレーションを行い、結果を地図上に表示するソフトを作成した。次に、通信量削減によって車両から収集できるプローブデータ量が減ると、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した。そして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探ることで、パケット通信量の削減を図った。

2. インターネット ITS 名古屋地区実証実験におけるプローブ情報システム

名古屋地区実証実験におけるプローブ情報システムの構成を図1に示す[2]。

実験に用いた1,570台のタクシー車両には、車載サーバおよび無線機が搭載されている。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等のプローブデータが定期的に情報センターに送信される。情報センターではこのデータを処理し、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、道路混雑度、降雨情報を配信する。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、タクシー業務管理に用いられる。なお、道路混雑度、降雨情報については、一般のプローブ情報利用者に対しても提供される。

従来のタクシー無線では、無線に応答があってもその車が本当に近くにいるのかは確認できなかった。車両位置・動態情報を用いれば、顧客からの配車注文に対して、最寄の空車を見つけ配車指示することができる。

また、車両走行軌跡情報は、乗務員の指導に役立てる他、車内の忘れ物探し、交通事故等の目撃者探しなどにも用いることができる。

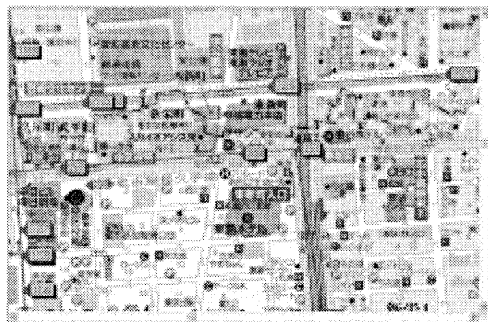


図2 車両走行軌跡の表示例

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わからない。タクシー運転手は、混雑を避けてなるべく速く目的地へと着くようルートを組み立てるが、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。道路混雑度情報では、タクシーが走っているルートについて情報が集まるため、よりの確に運転経路を選べる。

さらに、降雨情報をもとに、雨の降ってい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。

3. タクシー業務用情報の地図表示ソフトの作成

プローブデータ通信量削減シミュレーションを行うためにまず、インターネット ITS 名古屋地区実証実験で収集されたプローブデータを用いて、第2章で述べた車両走行軌跡、道路混雑度および降雨状況をそれぞれ地図上に表示[3]するソフトを作成した。なお、車両位置・動態情報については、プローブデータ通信量を削減した分だけ情報の精度が劣化することが自明であるため、通信量削減の対象外とした。また、本稿で用いたプローブデータは、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である。地図表示にはアルプス社のプロアトラス開発キット Ver.2.3を用いた。

車両走行軌跡は、プローブデータ中の緯度・経度情報を使い、指定した車両1日分について表示した。走行履歴の表示例を図2に示す。矢印は車両がプローブデータを送信した位置を表し、矢印横の数字は、車両が通過した順番を表す。車両が通過した順に矢印を直線で結び、車両走行軌跡とした。

道路混雑度は、個別の車両から上がってくるプローブデータの中の移動速度情報を集約し、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。

計算した平均速度によって、10km/h刻みの速度帯に分け、色分けした矢印で地図上に表示した。表示例を図4に示す。道路混雑度の算出および表示には10分間に各車両から上がってきたプローブデータを使い、データは10分ごとに更新した。

降雨状況については、プローブデータ中のワイパー動作スイッチ情報を集約し、1km四方のメッシュごとにワイパー動作率を計算し、結果を4段階に色で塗り分け地図上に表示した。

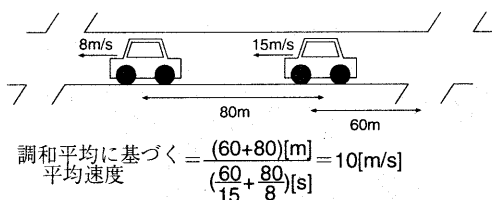


図 3 リンク内車両平均速度の計算例

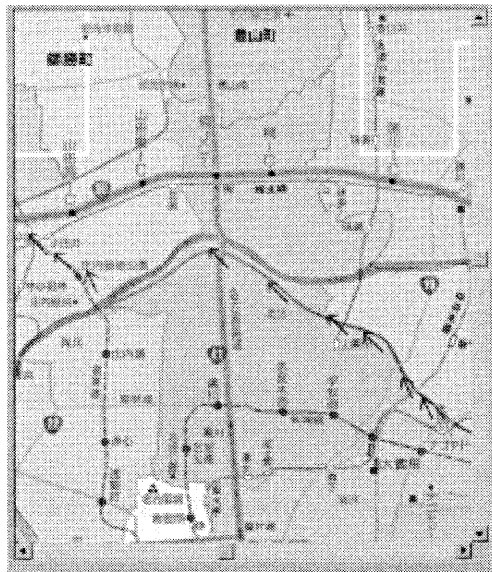


図 4 混雑情報の表示例

表示例を図 5 に示す。降雨情報の計算についても道路混雑度情報と同様に、10 分間に各車両から上がってきたプローブデータを用いた。

4. プローブデータ送信タイミングの変更によるデータ通信量の削減

次に、プローブデータ通信量の削減を行った。

インターネット ITS 名古屋実証実験で用いられた 1,570 台のタクシーは、表 1 の左欄に示すイベントのうち、連続 300m 走行時、または連続停車 550 秒についてはいずれか早い方の発生時にプローブデータを送信しており、その他のイベントについては発生時に必ずプローブデータを送信していた。そこで、実験で収集したすべてのプローブデータについて、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。

表 1 から、車両から送信されたプローブデータのほとんどは連続走行距離 300m、ShortStop(停車)、ShortTrip(発進) 時のデータであることがわかった。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データ量の削減を図った。

連続走行距離パラメータは、0m, 100m, ..., 1000m と、100m

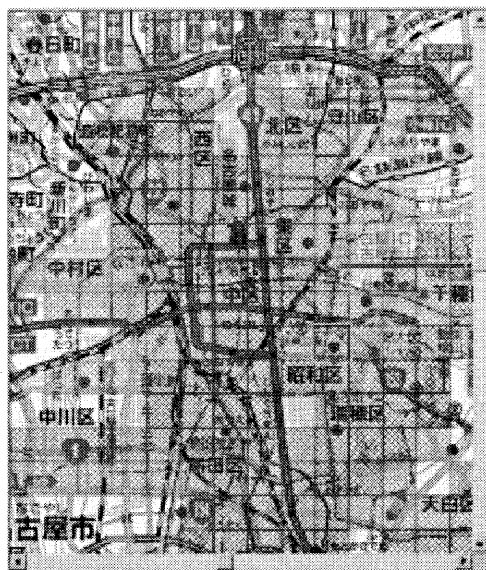


図 5 降雨情報の表示例

表 1 インターネット ITS 名古屋実証実験におけるプローブデータ送信条件

プローブデータ送信条件	全プローブデータ中に占める割合 (%)
連続 300m 走行時	33.7
連続停車 550 秒	2.0
ShortStop(停車)	31.3
ShortTrip(発進)	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

ごとに変化させた。とはいえ、実証実験で収集されたプローブデータの中には、変更した連続走行距離パラメータ分だけちょうど車両が走行した時のプローブデータが存在しない。そこで、例えば連続走行距離を 500m に変化させるときは、実験で収集したすべてのプローブデータ中の積算走行距離情報を調べ、前回プローブデータを送信した時から車両走行距離が 500m 以下の間に情報センターに送信したプローブデータをすべて削除し、走行距離が 500m 以上のときに最初に送信したデータを用いた。

また、ShortStop パラメータは、ShortStop 時のプローブ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。ShortTrip パラメータについても、ShortTrip 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、名古屋地区実証実験のときに収集したプローブデータを間引くことで、プローブデータ通信量の削減を行った。

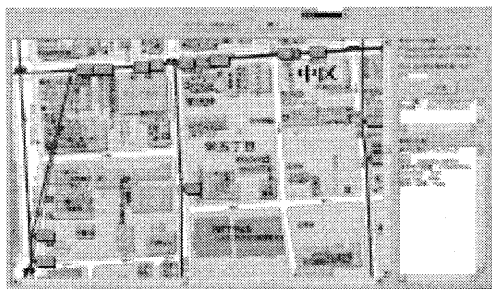


図6 車両走行軌跡のプロープデータ通信量削減シミュレーションソフト

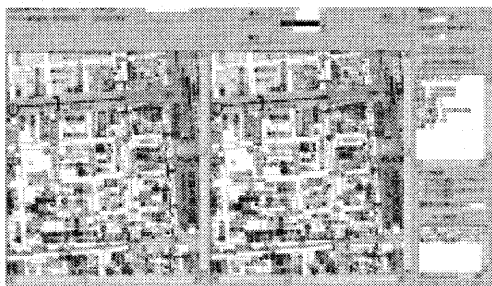


図7 道路混雑度情報のプロープデータ通信量削減シミュレーションソフト

5. プロープデータ通信量削減シミュレーションソフトの作成

第3.章で地図表示したタクシー業務用情報に加え、第4.章に述べた手順でプロープデータ通信量を削減した時のタクシー業務用情報も地図上に表示した。

プロープ車両走行軌跡のプロープデータ通信量削減シミュレーションソフトを図6に示す。地図右横のボックス内でプロープデータ送信条件を変更し、ボタンを押すと、データ削減時の車両走行軌跡が表示されるようにした。地図中の赤色の太線で結ばれた直線がプロープデータ削減前の車両走行軌跡であり、青色の細線で結ばれた直線がプロープデータ削減後の車両走行軌跡である。矢印をダブルクリックすると、プロープデータ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。

道路混雑度情報のプロープデータ通信量削減シミュレーションソフトを図7に示す。混雑情報についても、プロープデータ送信条件を変更した後、ボタンを押すと、データ削減時の混雑情報が表示されるようにした。図中の左側の地図にプロープデータ通信量削減前の混雑情報が表示され、右側の地図に削減後の混雑情報が表示されるようにした。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等が、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。

降雨情報のプロープデータ通信量削減シミュレーションソフトを図8に示す。降雨情報についても混雑情報と同様に、プ



図8 降雨情報のプロープデータ通信量削減シミュレーションソフト

ロープデータ削減前と削減後の情報を並べて地図表示した。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動作率等が、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。

これらのシミュレーションソフトによって、プロープデータ通信量を削減した場合に、タクシー事業者に提供する情報が削減前に比べてどの程度変化するかを、地図上で視覚的に捉えられるようにした。

6. プロープデータ通信量削減によるタクシー業務用情報の精度劣化の評価

第5.章で地図表示した結果から、プロープデータ通信量削減によって生じる各タクシー業務用情報の精度劣化を定量的に求めた。

車両走行軌跡の精度評価には、次式により求めた E_{track} を用いた。

$$E_{track} = \frac{D_{linear}}{D_{real}} \quad (1)$$

ただし、

- E_{track} : 車両走行軌跡の精度
- D_{linear} : 対象車両のプロープデータ送信地点間を結ぶ直線距離
- D_{real} : プロープデータ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

とする。プロープデータ通信量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(1)の計算値はほぼ1になるが、プロープデータを間引くにしたが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(1)の評価値を用いて、プロープデータ送信パラメータを変化させた時の、車両走行軌跡に関する精度評価を行ったところ、図9のような結果が得られた。図中の各点は、第4.章で述べた連続走行距離パラメータを、0,100,...,1000mと変化させたときの評価結果に対応している。図9から、車両走行軌跡については、ShortStop時のプロープデータを必ず用いたときに最もよい結果が得られた。SortStop時と、ShortTrip時の両方のプロープデータを用いた場合は、他の場合に比べて、連続走行距離パラメータを長くしても評価値が高かったが、プロープデータ通信量があまり減らないというデメリットがあった。

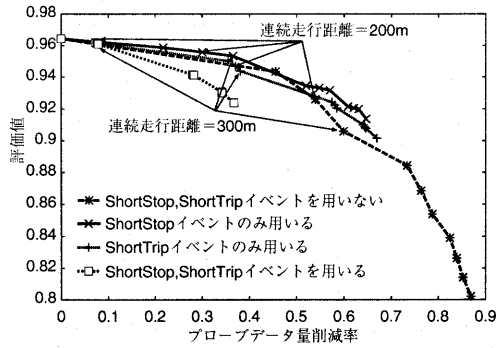


図9 車面走行軌跡情報の評価結果

道路混雑度情報の精度は、式(2)により求めた混雑情報取得リンク一致率 EC_1 、および式(5)により求めた色分け表示後の速度一致率 EC_2 、の2つの指標を用いて評価を行った。

$$EC_1 = \frac{N'_{link}}{N_{link}} \quad (2)$$

ただし、

- EC_1 : プローブデータ通信量削減前と削減後における、混雑情報取得リンク一致率

- N_{link} : データ削減後の混雑情報取得リンク数
- N'_{link} : データ削減前の混雑情報取得リンク数

とする。

$$EC_2 = \frac{N_{samecolor}}{N'_{link}} \quad (3)$$

ただし、

- EC_2 : プローブデータ通信量削減前と削減後での、色分け表示した速度の一致率

- $N_{samecolor}$: 削減後のプローブデータから計算し、色分け表示したリンク内平均速度が、データ削減前の表示と同じであったリンクの数

- N'_{link} : データ削減後の混雑情報取得リンク数

とする。プローブデータ通信量を削減すると、走行車両からプローブデータが上がってきたリンクの数、つまり情報センタ側で混雑情報を取得できたリンクの数が、データ削減前に比べて減ってしまう。その割合を表したのが混雑情報取得リンク一致率 EC_1 である。すなわち、プローブデータ通信量削減後に、混雑情報取得リンク数がほとんど減らないと、一致率は1に近くなり、大幅に減ると、ゼロに近くなる。

また、色分け表示後の速度一致率 EC_2 は、通信量削減後のプローブデータから混雑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10km/hごとに色分け表示した結果が、データ削減前の表示と一致したリンク数の割合を表す。プローブデータ通信量削減後に、色分け表示した速度情報が削減前の表示とほとんど変わらなければ、一致率は1に近くなり、大きく変わると、ゼロに近くなる。

式(2),(5)の評価値を用いて、プローブデータ送信パラメー

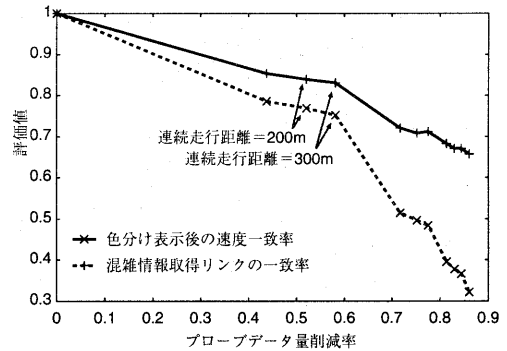


図10 混雑情報の評価結果

タを変化させた時の、道路混雑度情報に関する精度評価を行ったところ、図10のような結果が得られた。道路混雑度情報については、連続走行距離パラメータのみを0m,100m,...,1000mの間で変化させ、ShortStopおよびShortTripイベントは用いなかった。図10から、プローブデータ通信量を削減すると、混雑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わかった。また、プローブデータ通信量削減後に混雑情報を取得できたリンクについては、色分け表示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。

降雨情報の精度についても、混雑情報の精度評価の時と同様に、以下の2つの値 ER_1, ER_2 によって評価を行った。

$$ER_1 = \frac{N'_{mesh}}{N_{mesh}} \quad (4)$$

ただし、

- ER_1 : プローブデータ通信量削減前と削減後での、降雨情報取得メッシュの一致率

- N_{mesh} : プローブデータ通信量削減後における降雨情報取得メッシュ数

- N'_{mesh} : プローブデータ削減前における降雨情報取得メッシュ数

とする。

$$ER_2 = \frac{N_{samecolor}}{N'_{mesh}} \quad (5)$$

ただし、

- ER_2 : プローブデータ通信量削減前と削減後での、色分け表示したワイパー動作率の一致率

- $N_{samecolor}$: 削減後のプローブデータから計算し、色分け表示したワイパー動作率が、データ削減前の表示と同じであったメッシュの数

- N'_{mesh} : データ削減後の混雑情報取得メッシュ数

とする。

道路混雑度情報の評価結果と同様に、降雨情報取得メッシュの一致率 ER_1 は、プローブデータ通信量削減後も降雨情報を取得できたメッシュがどれくらいあるかを表し、また色分け表示後のワイパー動作率の一致率 ER_2 は、プローブデータ削減

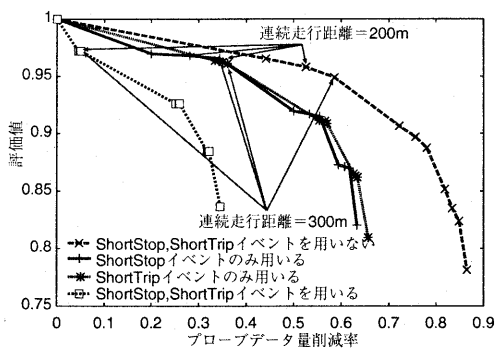


図 11 プローブデータ送信条件を変更した時の降雨情報取得メッシュの一致率の変化

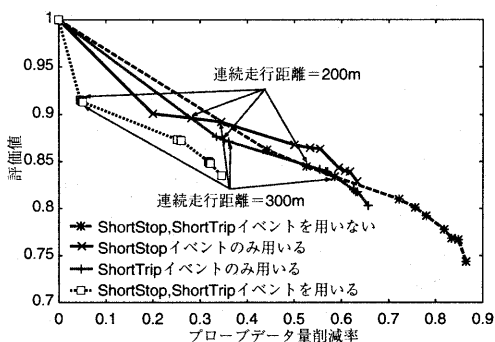


図 12 プローブデータ送信条件を変更した時の色分け表示したワイパー動作率の一致率

後に降雨情報を取得できたメッシュについて、ワイパー動作率を 4 段階に色分け表示した結果が、データ削減前の表示と一致していた割合を表す。

式 (2),(5) の評価値を用いて、プローブデータ送信パラメータを変化させた時の、降雨状況に関する精度評価を行った。その結果、降雨情報取得メッシュの一致率 E_{R1} については図 11 のような結果が得られた。図 11 から、プローブデータ通信量を削減しても降雨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わかった。これは、プローブデータ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データを送信する可能性が高いためと考えられる。

また、プローブデータ送信パラメータを変化させた時の、色分け表示後のワイパー動作率の一致率を図 12 に示す。図 12 から、ShortStop 時のプローブデータを用いた時が最もよい結果になることがわかった。

7. プローブデータ通信量削減のためのパラメータ見積もり

プローブデータ送信条件変更時の、データ量削減率および第 6 章の手順で評価した結果を、第 5 章で作成したシミュレーションソフト中のテキストボックス内に表示した。そして、プ

表 2 プローブデータ通信量削減のためのパラメータ見積もり結果

提供情報名	データ送信条件	データ削減率 (%)
車両走行軌跡	300m, SS	36
道路混雑度	300m	58
降雨状況	600m	36

ローブデータ通信量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データ通信量削減のためのパラメータを探った。その結果を表 2 に示す。

車両走行軌跡とその評価値を観察した結果、評価値が 0.95 以上ならば、車両が右左折を繰り返した時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評価値の目安は 0.95 付近とした。そして評価値が 0.95 に近く、かつプローブデータ通信量の削減効果が期待できるパラメータとして、連続 300m 走行時と ShortStop 時の組み合わせが最適であると判断した。このパラメータでプローブデータを送信した場合、データ通信量を 36% 削減することができた。

道路混雑度については、プローブデータ通信量削減後の道路混雑度情報が削減前の情報と十分同等であるとみなせる評価値の目安が、混雑情報取得リンク一致率、色分け表示後の速度一致率ともに 0.8 付近であると判断できた。そしてこの条件に近いパラメータとして、連続 300m 走行時を選んだ。このパラメータでプローブデータを送信した場合、データ通信量を 58% 削減することができた。

降雨情報については、プローブデータ通信量削減後の降雨情報が削減前の情報と十分同等であるとみなせる評価値の目安が、降雨情報取得メッシュ一致率、色分け表示後のワイパー動作率の一致率ともに 0.9 付近であると判断できた。そしてこの条件に近いパラメータとして、連続 300m 走行時と ShortStop 時の組み合わせを選んだ。このパラメータでプローブデータを送信した場合、データ通信量を 36% 削減することができた。

ただし、プローブデータ送信条件の変更は第 4 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データを送信していることになる。また、図 9, 10, 11, 12 からわかるように、インターネット ITS 名古屋地区実証実験では、走行車両は 300m ごとにプローブデータを送信していたため、連続走行距離パラメータが 300m の倍数でない場合には、プローブデータ通信量削減結果が 300m の倍数の時の結果に近くなる傾向が見られた。

8. ま と め

本稿では、インターネット ITS 名古屋地区実証実験においてプローブデータの収集にかかった携帯電話パケット通信費を削減することを目的とした。そこで同実験で収集したプローブデータを使って、その収集回数を減らした時のシミュレーションを行い、結果を地図上に表示するソフトを作成した。次に、プローブデータ通信量を減らすことで、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した。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探ることで、パケット通信量の削減を図った。その結果、車両走行軌跡については36%、道路混雑度については58%、降雨状況については36%のプローブデータ量を削減することができた。

今後は、通信量削減後のプローブデータから車両位置の時間変化を精度よく推定する方法を検討する。これにより、収集できるプローブデータ量が少ない状況下においても、利用者に精度の高い道路交通情報を提供できると考えている。

文 献

- [1] 松本光吉, "テレマティックス", 日経 BP 社, pp16-18, 東京, 2002.
- [2] インターネット ITS 共同研究グループ, "インターネット ITS", 東海情報通信懇談会, 会報 62 号 特集, 2002 年 3 月.
- [3] 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)", IPSJ Magazine, Vol.43 No.4, pp.376-385, Apr. 2002.