

プローブカー情報に基づいた道路交通情報の生成

Generation of Traffic Information System Based on Probe Car Information

横田 孝義 Takayoshi Yokota
水田 博明 Hiroaki Mizuta

尾田 至 Itaru Oda
高田 治 Osamu Takada

王文佳 Wang Wenjia

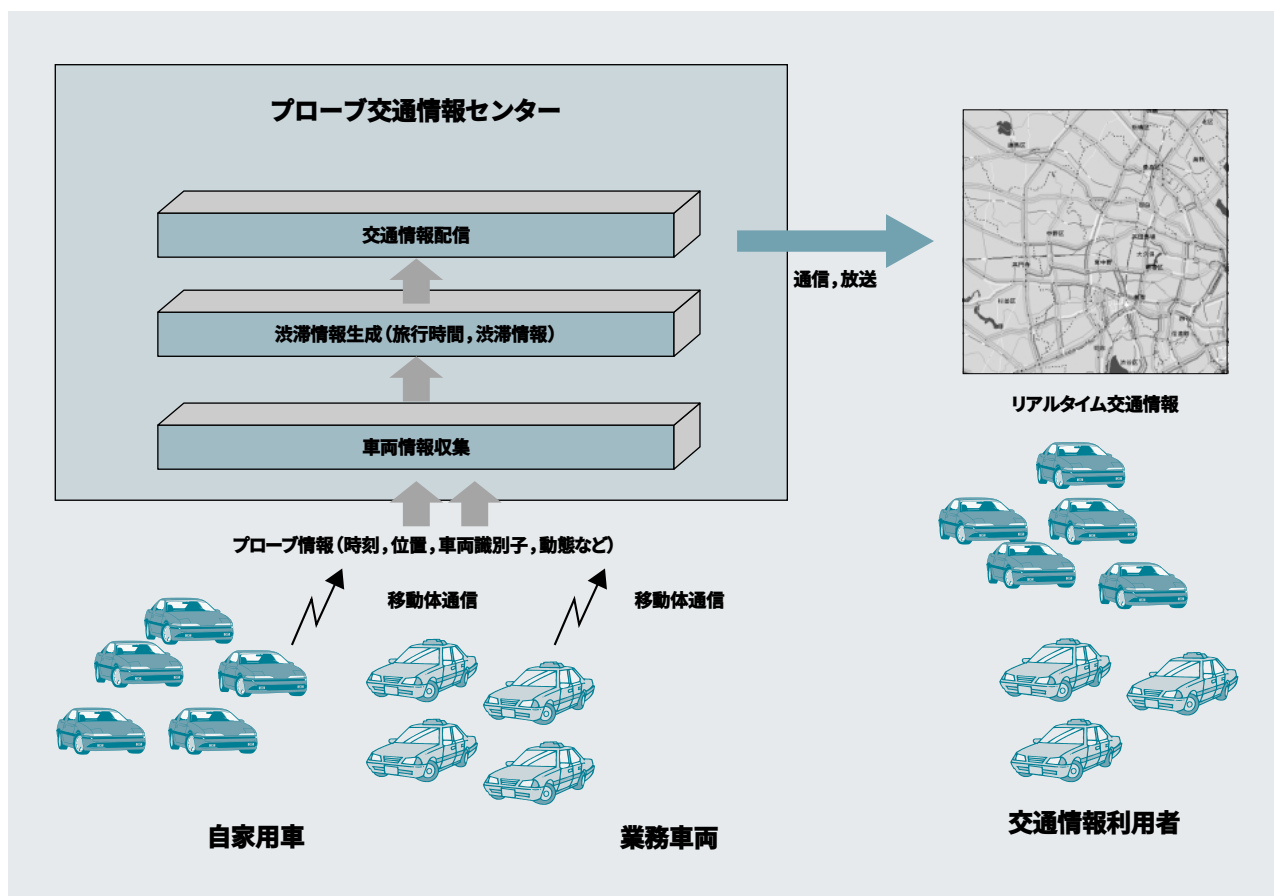


図1 プローブ情報を基にした道路交通情報生成システムの概要

自動車を動くセンサとして各種の情報を収集するプローブカー情報の用途の中で、最も期待の大きいサービスの一つが交通情報生成である。このシステムでは携帯電話や業務無線などを用いて収集した自動車の位置情報を基に、道路の渋滞状況や旅行時間をプローブ交通情報センターで計算し、コンテンツプロバイダーなどを介して付加価値の高い交通情報としてドライバーをはじめ多様な利用者に提供することができる。

1. はじめに

円滑な道路交通社会を実現するために、適切な交通情報を提供するシステムの整備が近年ますます重要になってきている。交通渋滞情報がタイムリーにドライバーに提供できれば、交通需要の平準化による渋滞の軽減や、ひいては交通安全にも寄与すると考えられる。

わが国においては1990年代後半からVICS（Vehicle Information and Communication System）と呼ばれるリアルタイム交通情報システムが普及し、すでに全国規模で整備が進

んでいる¹⁾。VICSは路上に設置したセンサで得られる情報を基に主要道路の交通渋滞状況や旅行時間、各種規制情報などを主にカーナビゲーションシステムに提供するものであるが、今後、提供する道路のカバー率を向上するためにはセンサをさらに整備する必要があるという課題がある。一方、近年の移動体通信技術の発達によって実用化しているタクシーなどの各種業務車両の配車管理システムで得られる車両のリアルタイム位置情報を用いることで、特別な通信手段を新規に導入することなく低コストにリアルタイム交通情報の提供が

交通情報はドライバーに日々、安心を与え、渋滞を避けた効率のよい運転を提供するとともに、結果的に安全にも貢献し、日常欠かすことのできない情報になっている。

一方、交通情報を全国くまなく収集するためには、従来の道路上に設置したセンサの情報だけでなく、移動体通信を活用し、車をセンサとして交通情報を収集するプローブカーの情報の活用が国内外で期待が高まっている。

日立グループは、1990年代のVICS(道路交通情報通信システム)の構築以来、さまざまな交通情報システムの研究開発を推進してきており、近年、実際のプローブカーを用いた大規模な実験を行い、独自に開発したプローブカー台数の算出技術、交通情報の推定補完、予測技術に成果を得ている。

可能なプローブカーシステムが内外で注目を浴びており、一部ではすでに実用期に入ったものも登場している。

ここでは、日立製作所のプローブカーシステムに関する特徴的技術と取り組みについて述べる(図1参照)。

2. プローブカーシステムの概要と特徴

2.1 プローブ交通情報システムの概要

プローブカーシステムの特徴について述べる。

プローブ交通情報システムの概要を図2に示す。プローブ交通情報システムの入力は、タクシーなどの位置情報が管理された車両からリアルタイムに得られる時刻と車両識別子、車両の位置情報である。このようにして複数の車両のプローブ情報を収集し、次に、この情報を電子道路地図上に対応づけ(マップマッチング)を行うとともに、どのような経路を走行しているかを同定することで、各道路をスムーズに移動しているか、あるいは渋滞に遭遇し、速度が低下しているかを知ることができる。一般には5分程度の一定時間間隔ごとのプローブ情報から、各道路区間(リンク)の旅行時間や渋滞度、渋滞長を算出することができる。

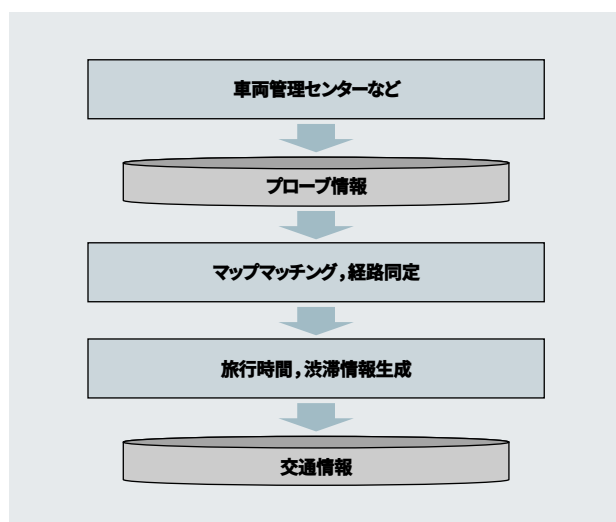


図2 プローブ交通情報システムの概要

プローブ交通情報システムはタクシーなどの車両の位置情報をリアルタイムに収集し、その情報をデジタル道路地図に照合し、道路の渋滞状況、通過所要時間から成る交通情報を算出して提供するものである。

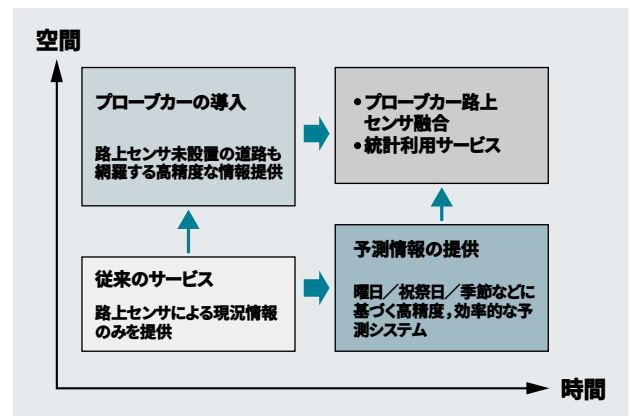


図3 交通情報サービス発展のシナリオ

交通情報サービスには、従来の路側センサ情報によるものにプローブカー情報が導入され、それらの融合や予測技術の導入により、時間方向、空間方向双方にカバー範囲を充実していく。

このようなシステムが普及すれば、今後は、センサをベースにした従来の交通情報サービスとの情報の融合だけでなく、さらに付加価値の高い予測情報の提供サービスなどの導入が進むと考えられる(図3参照)。

2.2 プローブ交通情報システムの特徴

2.2.1 費用対効果

従来の交通情報システムは路上にセンサを設置して、その情報を基に交通情報を生成していたことから、収集提供しようとする道路の範囲を広げるためには道路上に各種のセンサを設置する必要があった。また、これらのセンサで得られる情報をセンターに集約し、交通情報を生成するには膨大な数の通信回線が必要になるため、多くのランニングコストが必要になる。一方、プローブカーシステムはプローブカー自体がセンサであり、センサを道路に設置するコストが不要となるだけでなく、プローブカーの走行する道路全体にわたっての交通情報の収集が可能になる。また、プローブカーとセンター間には通信路が必要になるが、この通信路はすでにタクシーの配車管理システムなどで確立されている場合があるため、これを流用することができれば多くの通信コストを削減できるというメリットがある。

2.2.2 交通情報の品質

従来の路側センサによる交通情報は、区間の所要時間を求めることができるセンサではその精度は高いものの、地点センサから得られた地点速度を基に区間旅行時間を算出する場合には、点の情報から線の情報を求めているために、情報の精度に限界がある。一方、プローブカーでは実際に走行している車両の周期的、あるいは間欠的な位置情報の報告を基に旅行時間を算出することから、潜在的に実際の状況を反映した旅行時間を求められる可能性が高い。また、道路に沿った速度の分布も同時に求められるので渋滞の情報もまねばなく得られる可能性が高い。

2.2.3 情報源の多様性

交通情報を生成するためのプローブカーとしては、最低限の通信機能を有して位置情報を報告できる機能を持つことができれば候補となる。したがって、GPS(Global Positioning System)配車管理システムを導入したタクシーや、バスロケーションシステムの対象となるバス、運行管理システムを有するトラック、およびテレマティクスサービスを有する自家用車などが候補となる。このように、多様な車両がプローブカーとして利用できる可能性がある。

3. プローブカーシステムの課題

3.1 適正なプローブカー台数の算出

プローブカーシステムの特徴を前述したが、一方、実用化に際しては幾つかの課題がある。その一つとしては、いったい何台のプローブカーがあれば所望の交通情報のサービスレベルを達成できるかを明らかにすることである。

日立グループは、まず、この課題を解決した²⁾。一つの目安

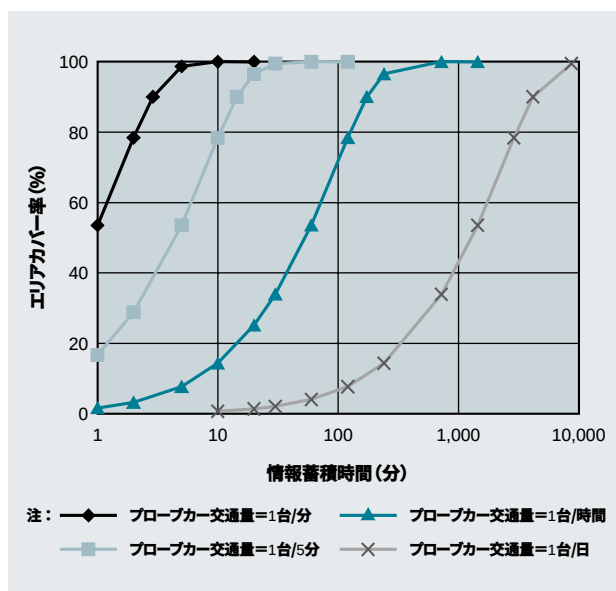


図4 情報蓄積時間とプローブカーエリアカバー率

カバー率とプローブカー交通量、およびプローブ情報の蓄積時間の関係はこのグラフのようになる。

表1 情報蓄積時間とプローブカーエリアカバー率の関係

プローブカーの情報蓄積周期にリアルタイム性が左右されるため、可能なサービスのレベルが変化する。

プローブカー 通過頻度	普及率 (交通量 1,000台/時間)	プローブカー 台数 (国内車両 総数7,000万台)	情報蓄積 周期	利用サービス
1台/分	6%	4,200,000	2.9分	リアルタイム 交通情報提供
1台/5分	1.2%	840,000	14.4分	準リアルタイム 交通情報提供
1台/時間	0.1%	70,000	173分	運行計画
1台/日	0.0042%	3,000	3日	運行計画 道路建設計画

として従来の交通情報システムと同様に5分周期でリアルタイム交通情報を提供しようとする、すべての対象道路でプローブカーが5分に1台の割合で走行する場合、10分ごとの交通情報を生成するとして80%程度のカバー率になることがわかる(図4参照)。

一方、5分に1台の割合でプローブカーが走るために要するプローブカーの普及率は約1.2%であり、全国規模では84万台近い車両がプローブカーである必要がある(表1参照)。このように、プローブカーの台数と交通情報の生成周期、カバー率との関係を明確にした。しかし、このことから、わが国においてプローブカーによる情報だけで全国主要道路を5分間隔のリアルタイム性を確保した交通情報提供を実施しようとすると、少なくとも84万台という、すぐには実現困難な台数が必要であることも判明した。

3.2 少ないプローブカーを補う技術

プローブカーが十分に普及しないと考えられる導入初期においては、長年にわたってプローブデータを蓄積し、統計データとして活用するという応用もある。例えば、前述の検討によれば、全国で7万台程度のプローブカーを用いることで、約3時間刻みの交通情報は求められる。これを1週間蓄積することにより、平均的に5分単位のサンプルが得られ、1か月蓄積すれば統計値としては5分当たり平均4サンプルの交通情報が得られて、活用可能なレベルになる。しかし、統計データだけではその応用は限られるため、少ない台数からでも5分ピッチレベルのリアルタイム交通情報を生成したいというニーズがある。そこで、日立グループは、特徴空間ベクトル方式による空間補完という新たな推定方式を開発した^{3)~6)}。この方法は、プローブカー台数に制約があり、まばらにしかリンク交通情報が得られない場合でも、まばらなリンク交通情報の統計的な相互依存関係を求め、高い精度で現況を推定補完する技術である(図5参照)。

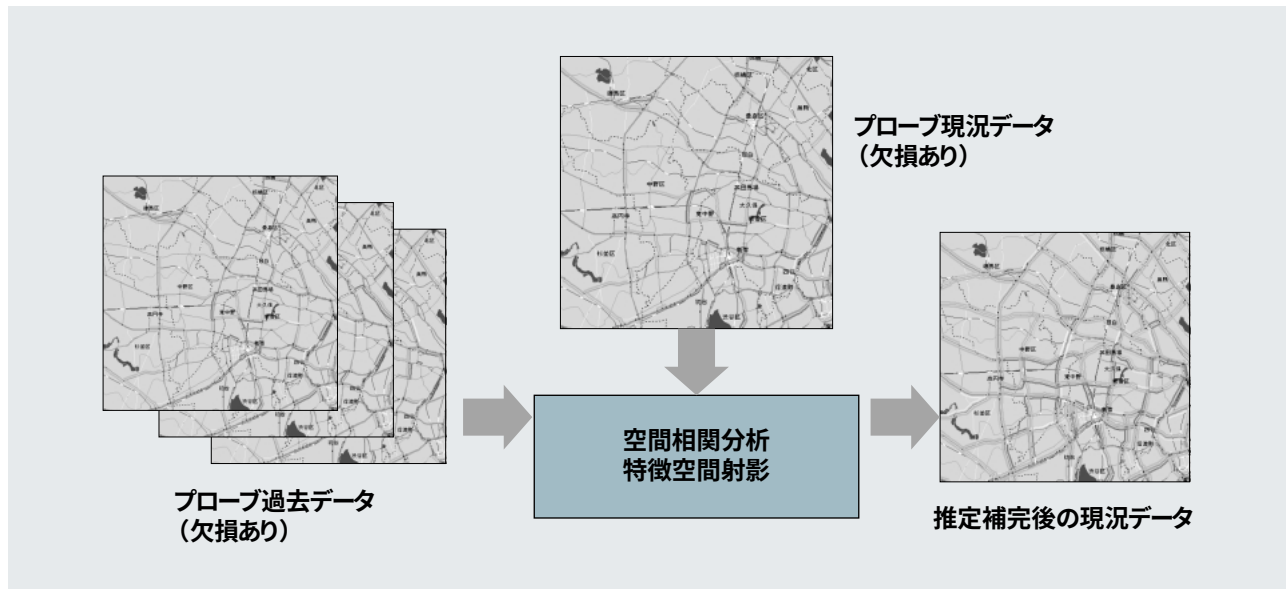


図5 現況推定補完方式

まばらなプローブ交通情報を蓄積し、統計的に分析することで道路間の依存関係を学習する。これにより、まばらなプローブ情報からでもカバー率の高い現況交通情報が推定補完可能になる。

この方法の考え方は、日常発生している交通渋滞現象はそれぞれの道路で独立に生じているわけではなく、相互に関係し合っていると仮定し、プローブカーで収集可能な限られた道路の渋滞状況から周辺の道路の渋滞状況を過去の統計的性質を分析しておくことで推定しようとするものである。

次に、従来の路側センサデータから得られた交通情報データを基に、間欠的にしか得られないプローブデータをデータのランダムな間引きによって模擬し、東京都の新宿地区の道路150リンクで試行した結果の一例を図6に示す。同図の真値の黒線に比較すると、この提案手法は従来手法に比べ非常に近い推定を行っていることがわかる。道路リンクあたり20分に1回程度のまばらにしか得られないプローブデータからでも、

5分に1回プローブデータが得られた場合と遜（そん）色のない旅行時間が推定補完されていることがわかる。なお、150リンク全体での評価では誤差率26%となった。一方、古典的な統計値による補完では36%の誤差が生じる。

4. 北京市における実証実験

日立グループは、2005年度に中国の北京市においてタクシーを用いたプローブ交通情報生成の実験を実施した⁷⁾。北京市においては公共交通機関としてバス、タクシーが重要な手段となっている。タクシーは北京市内で現在約6万7,000台があり、市民の足として最も一般的である。この実験では、台数約2,000台をプローブカーとして用い、交通情報を作成した。ここで評価の対象とした道路区間は、北京市中心部の道路

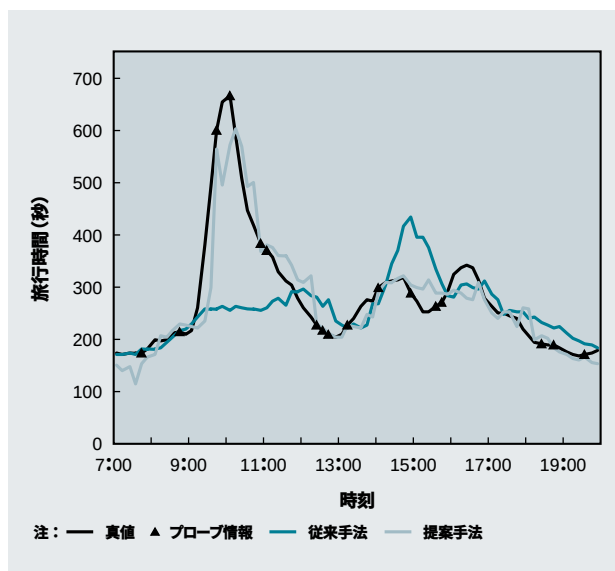


図6 推定補完手法の評価

旅行時間の真値と提案手法、従来手法との比較を行った。



図7 北京市プローブ実験対象地域

プローブ情報生成の実験は、図中の4環路以内の主要道路で実施した。

区間のうち4環路を含む地域に存在する道路区間(総延長約3,698 km, 上下線含む。)を対象とした(図7参照)。この道路区間を2005年12月6日の9～18時に走行したタクシーの走行データから作成した交通情報に対して評価した。車両の走行履歴データとして、GPSによって90秒ごとに取得された緯度・経度の値と、緯度・経度を取得した時刻、および車両識別番号だけを含まデータを用いた。また、交通情報データの作成間隔は5分ごととし、各時刻において10分前までの走行履歴データを用いて交通情報データを作成した。

このプローブ交通情報システムを用いて実際に作成した交通渋滞情報の例を図8に示す。同図の濃青色の部分は渋滞している道路区間を、淡青色の部分は混雑している道路区間を、灰色の部分は順調な道路区間を、それぞれ表している。この例では北京市中心部のうち北東部の道路混雑状況を表しており、環路などの主な幹線道路のほぼ全域と一部の細街路に対して交通情報データを提供できていることがわかる。このような交通情報データの旅行時間精度、およびエリアカバー率について定量的に評価した結果を以下に示す。

4.1 旅行時間データの精度評価

次に、六つの道路区間を評価に用いて、各区間の始点から終点まで実際にタクシーで走行した場合の旅行時間の実測値と、プローブ交通情報システムの出力値の比較結果を図9に示す。実測値との相関係数は0.975となった。六つの区間を全体的に見た場合の旅行時間の誤差率は約16.5%であった。過去の文献⁸⁾では、交通情報の利用者は真値の旅行時間が30分の際に計算値の誤差が5分程度(誤差率約16.7%)

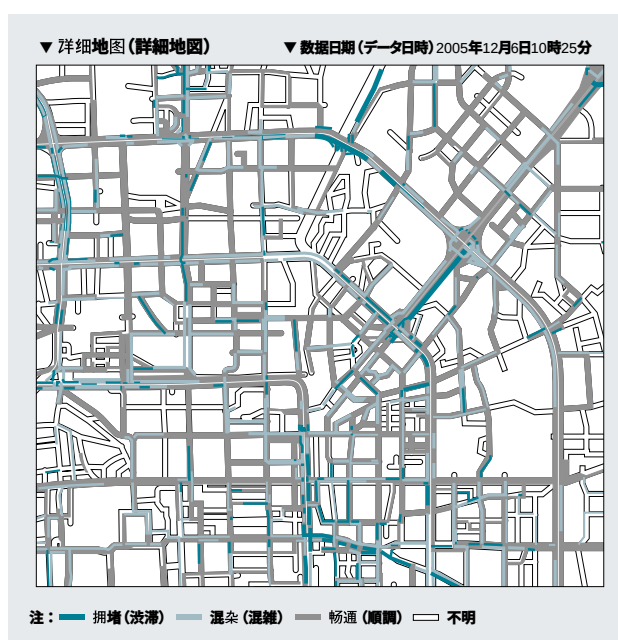


図8 北京市のプローブ交通情報表示例

プローブカーによって得られた交通渋滞状況を、ウェブ画面に表示した例を示す。従来明らかにされなかった渋滞状況が、リアルタイムに把握可能になる。

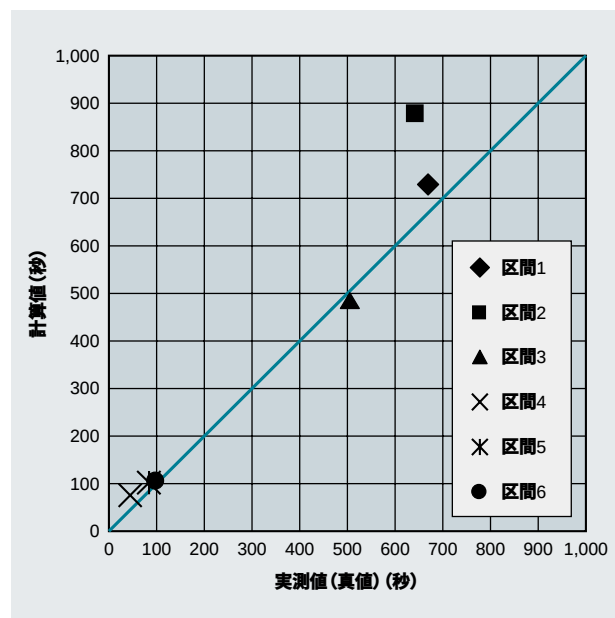


図9 北京市プローブ交通情報の精度評価結果
各区間とも真値に近い旅行時間を算出している。

未満の精度を求めているという記述があることから、許容される精度の交通情報の生成ができていることを確認した。

4.2 エリアカバー率の評価

タクシー約2,000台分のプローブ情報から収集して作成した交通情報データが、どのくらいの広さの地域で利用可能かを評価するために、図7に示した地域の全道路、およびその中心部の幹線道路である2環路を対象としてエリアカバー率を算出した。さらに、前述したカバー率の理論値との比較を行った。理論値では全域にわたって46.9%であったが、実際は4環路内でのカバー率は31%であり、2環路だけのカバー率は61%となった。北京での実験で得られたカバー率の理論値と実績値のずれの原因はタクシーの走行地域に偏りがあることが主要な原因である。しかし、カバー率を試算する手法でプローブ交通情報システムのカバー率を大まかに事前に知ることができるレベルであることを確認した。

5. 今後の取り組み

タクシーなどの公共交通機関の車両を用いたプローブ交通情報システムは大規模なプローブ交通情報システムの構築のための有効な手段として期待されている。現在、日立グループは、経済産業省の指導で東京23区内を対象にしたプローブ交通情報プラットフォームの開発にも参加しており、その成果の実用化も期待される。北京市では2008年にオリンピックを控えており、効率的に交通情報を生成する仕組みの構築が急がれている。また、日本においてはドライバーがいつそう広範囲に確度の高い交通情報の提供を期待している。ここで述べた各種の技術的課題を解決しつつ、日立グループとして特

徴のある提案をしていく考えである。

6. おわりに

ここでは日立グループのプロープ交通情報システムに関する特徴技術と実用化に向けた取り組みについて述べた。

今後も、ドライバーや社会にとって有益な交通情報を提供するために積極的に研究開発を推進していく所存である。なお、北京でのプロープカー交通情報生成の実験は北京の日立(中国)研究開発会社のメンバーと国内メンバーの合同チームで実施した。この実験の機会を提供いただいた北京交通信息中心に深謝する。

参考文献

- 1) T.Yokota, et al.:Evaluation of Advanced Mobile Information Systems (AMIS) for the Winter Olympic Games in Nagano, JAPAN 1998, World Congress on ITS, Seoul (1999)
- 2) 伏木, 外:交通情報提供の更新周期を考慮したプロープカー台数算出モデルの定式化とその評価, 電気学会論文誌D, Vol.126, No.6, pp.741-747, (2006.6)
- 3) 熊谷, 外:プロープカーデータのリアルタイム補完技術, 情報処理学会研究報告「高度交通システム」No.20, pp.67-73 (2005.3)
- 4) 熊谷, 外:全国規模の交通情報サービスを目的とする所要時間長期予測技術の開発, 情報処理学会論文「次世代移動体通信システム」特集, Vol.45, No.12, pp.2696-2705 (2004.12)
- 5) 熊谷, 外:プロープカーの空間的欠損を補うリアルタイムデータ補完手法—特徴空間データ補完による路上センサデータの併用—, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2005), シンポジウム論文集, pp.53-56 (2005.7)
- 6) 熊谷, 外:全国域交通情報予測サービスにおける予測プロセスの効率化, 情報処理学会研究報告「高度交通システム」, No.18, pp.19-26 (2004.9)
- 7) 君田, 外:中国プロープ実証実験における交通情報の作成と定量評価, 情報処理学会研究報告「高度交通システム」, No.21, pp.21-28 (2005.6)
- 8) 割田, 外:首都高速道路における所要時間変動特性の分析, 第22回交通工学研究発表会論文報告集 (2002)

執筆者紹介



横田 孝義
1984年日立製作所入社, 日立研究所 所属
現在, 交通情報システムの研究開発に従事
工学博士
電気学会会員



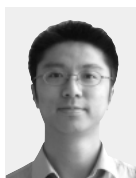
水田 博明
1980年日立製作所入社, 情報・通信グループ 公共情報システム事業部 グローバルビジネス推進センタ 所属
現在, 中国ITS事業の推進のため日立(中国)研究開発有限公司に出向中, プロープ交通情報システムの開発に従事



尾田 至
1971年日立製作所入社, トータルソリューション事業部 公共・社会システム本部 所属
現在, ITS分野のソリューション関連業務に従事
技術士(電機電子部門)



高田 治
1979年日立製作所入社, 日立(中国)研究開発有限公司 所属
現在, IP移動体通信/広帯域ネットワーク, ITS応用の研究開発に従事
情報処理学会会員



王 文佳
2002年日立(中国)投資有限公司研究開発中心入社, 日立(中国)研究開発有限公司 所属
現在, ITS, プロープカーシステムの研究開発に従事
中国智能運輸系統標準化技術委員会委員