

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26540037

研究課題名(和文) 各種交通情報サービスの提供のためのプローブカー情報の効率的収集とプライバシー保護

研究課題名(英文) Collection and Application of Floating Car Data for Traffic Information Services Considering Privacy Protection

研究代表者

東野 輝夫 (HIGASHINO, TERUO)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：80173144

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(i)渋滞箇所の特定、(ii)目的地までの所要時間推定、(iii)出発地と目的地の組毎の交通量(OD交通量)推定など、代表的な交通情報サービスの実現を念頭に、サーバー側の記憶容量を一定量に抑えつつ、プライバシーを保護した形でそれらのサービスを実現する方法を考案した。具体的には、赤信号中に車両が到着することによる車列の増大と青信号による車列の減少についての数理モデルを構築し、プライバシー保護を念頭に、多数のプローブカーデータを細切れに切断し、少数のプローブカーデータから信号待ち車列長やその変動を高精度に推定したり、OD交通量を高精度に推定したりする手法を考案した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have designed and developed methods for (i) identifying congested road segments, (ii) estimating required time to the destinations, and (iii) estimating the traffic volume of each pair of a departure and a destination (OD traffic volume) where we focus on the realization of typical traffic information services and develop the methods by suppressing the storage capacity of the servers to a certain amount and creating methods. Then, we have built a mathematical model for estimating the lengths of vehicular queues at intersections, chopped up floating car data for preserving the privacy of users, and developed methods to estimate the queue length of each signal and its variation from a small number of fragmented floating car data and to estimate OD traffic volumes with high accuracy.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：ITS プローブカー情報 OD交通量

## 1. 研究開始当初の背景

近年、自動車の移動軌跡情報（プローブカー情報）の活用が社会的に大きな話題になっている。先の東日本大震災の際には、東北地方の各道路の通行実績情報が Google マップ上に表示され、その存在が一躍有名になった。プローブカー情報は、利用者に渋滞箇所や迂回路をリアルタイムに提示することを目的に、各車両の ID と単位時間毎（例えば1秒毎）の車両位置、速度、進行方向などがサーバー側に送信・蓄積され、各道路の渋滞状況や目的地までの推定所要時間を利用者に提示している。実際に都市街区を走行する車両から移動軌跡情報がリアルタイムに収集されるため、その高い精度から都市交通の渋滞回避の切り札になると言われている。

しかし、現在国内のプローブカーの普及率は僅か3%程度で、その原因の一つとして、サービス提供のコストとプライバシー保護の問題が指摘されている。各車両の一日平均の走行ログ情報が百 KB でも、国内の自動車の1/8の一千万台の車両からプローブカー情報を収集しようとする一日分のデータが1 TB となり、これらのデータを日々蓄積処理して上記サービスを提供する会社は膨大な計算資源と記憶容量を必要とする。また何らかの事情で蓄積データが流出すると、特定の個人がいつどこに行ったか、ある会社の営業車両がどの地域を重点的に走行したかなど、個人や企業のプライバシー情報が大量に流出する可能性があり、企業が利用を考える際の障壁になっている。

交通情報サービスを実現する際に上記の問題を解決する一つの方法は、移動軌跡情報全体を蓄積せず、プローブカーの台数 N に依存しない一定量の記憶容量を用いてストリームコンピューティング処理でサービスを実現すると共に、プライバシーを保護した形でプローブカー情報を収集する仕組みが必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、(i)渋滞箇所の特定、(ii)目的地までの所要時間の推定、(iii)出発地と目的地の組毎の交通量（OD交通量）推定など、代表的な交通情報サービスの実現を念頭に、各車両からどのようなタイミングでどのような走行履歴情報を収集すればそれらのサービスを実現できるかを検討し、サーバー側の記憶容量を一定量に抑えつつ、プライバシーを保護した形でそれらのサービスを実現するための方法を考案すると共に、どの程度の車両から走行履歴情報を収集すれば対象サービスの精度を所望の水準に保てるのかなどについて理論的な考察を行うことを目的としている。

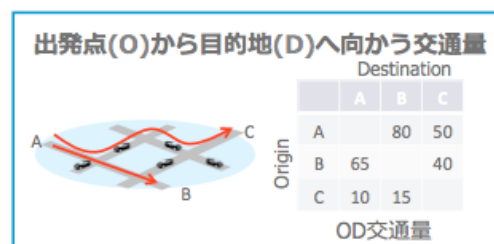


図1 OD交通量

## 3. 研究の方法

まず平成26年度の研究において、少数の車両からの細切れのプローブカーデータを用いて、信号待ち車列長やその変動を高精度に推定する手法を考案した。また、目的地までの所要時間の推定や、出発地と目的地の組毎の交通量（OD交通量(OD行列)、図1）推定や、全車両の何%の車両から当該プローブカー情報を収集できれば対象サービスの精度を所望の水準に保つことができるか、などの理論的な評価を行い、典型的な都市街区の様々な時間帯を対象とした交通流をもとに評価を行うことで、提案手法の精度向上を図ると共に、プローブカーデータの割合が少ない場合に、VICS 情報や交通流計測装置から得られる様々な交差点での車両数・速度・右左折に要する時間情報などを併用することで、渋滞箇所の特定、目的地までの所要時間

の推定、OD交通量の推定などをより高精度に行うための方法などを検討した（図2）。

平成27年度の研究では、この成果をもとに短い時間間隔で各道路のリンク交通量を推定する手法、ならびに動的OD交通量を推定する手法を考案した。提案手法の性能を評価するためにマイクロ交通シミュレータVissimを用いたシミュレーション実験を行った。

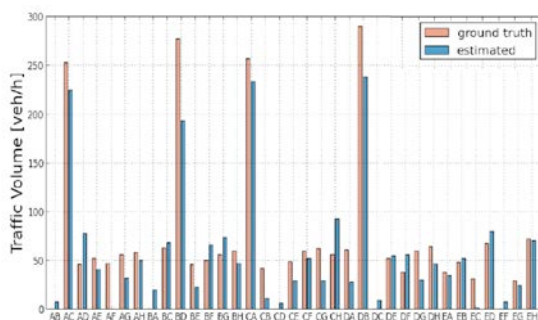


図2 OD交通量の推定精度

さらに、札幌市の7000程度の道路セグメントに対して、気象データと千台程度のプローブカー情報をもとに重回帰分析手法を活用することで、積雪量等の変化に伴うOD旅行時間の変化を高精度に予測する手法を考案した（図3）。提案手法では、気象データ（積雪量、降雪量、最低温度、日照時間、前日の最高温度など）とプローブカー情報、上記で得られたOD交通量などの交通データ（無積雪時の速度、前日の走行速度）をもとに、各道路セグメント毎に、平常時からの速度低下を

$$\begin{aligned} \text{速度低下} = & a_1 * \text{積雪量} + a_2 * \text{降雪量} + \\ & a_3 * \text{最低温度} + \dots + \\ & a_n * \text{無積雪時の速度} \end{aligned}$$

のような線形和で推定している。

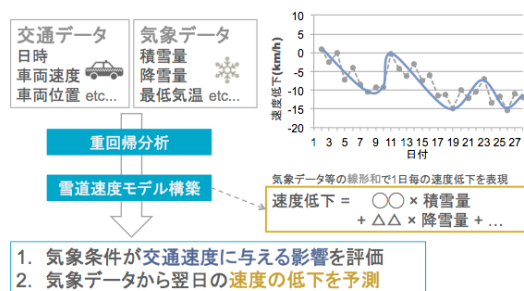


図3 積雪時の交通速度低下の推定手法

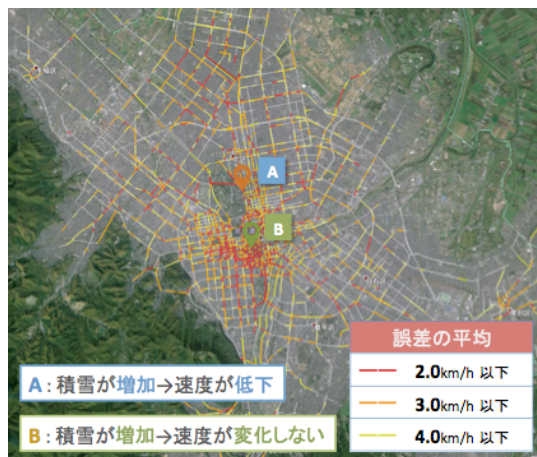


図4 各道路セグメントの速度低下推定誤差

速度低下は道路セグメント毎に異なるパラメータ値（ $a_1, \dots, a_n$  の値）が算出される。図4の道路セグメントAは郊外から中心部への道路であり、積雪の増加が速度低下に影響する。一方、道路セグメントBは市内中心部の道路であり、交通量が多いため、積雪の増加が速度低下にあまり影響しないことなどが推定できる。

#### 4. 研究成果

平成26年度の研究では、信号機などを起点として生じる交通渋滞について、赤信号中に車両が到着することによる車列の増大と青信号になり車両が順次通過していくことによる車列の減少についての数理モデルを構築し、少数のプローブカーデータから信号待ち車列長やその変動を高精度に推定する手法を提案した[論文①,②]。提案手法では、車両の信号近辺での停止・発進の挙動を高精度にモデル化することで、信号サイクル毎に車列長や一つの信号サイクルで通過できずに残った車両台数の推定を行う方法を考案し、それらをもとに旅行時間の推定精度の向上やリンク交通量の推定などを行っている。また、提案手法では多数のプローブカーデータを細切れに切断し、その一部のデータのみをランダムに取り出してもある程度の精度で渋滞長の推定が可能であり、プライバシーを保護した形での渋滞長推定も可能な手法になっている。

平成27年度の研究では、平成26年度の成果をもとに、短い時間間隔で各道路のリンク交通量を推定する手法、ならびに動的OD交通量を推定する手法を考案した[論文⑥,⑦]。提案手法の性能を評価するために、マイクロ交通シミュレータVissimを用いたシミュレーション実験を行った。実験の結果、タイムスライスを60分とすると誤差21%でリンク交通量を推定可能であることを確認した。OD交通量については、2km程度の都市部においても、車両が通行するおおよその経路を事前知識として与えることで、相関係数0.73でOD交通量を推定できることが分かった。

さらに、札幌市の7000程度の道路セグメントに対して、気象データと千台程度のプローブカー情報をもとに重回帰分析手法を活用することで、積雪量等の変化に伴うOD旅行時間の変化を高精度に予測する手法を考案した[論文③,⑤]。

また、災害状況などを考慮した情報伝達方式などについても検討を行った[論文④]。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計7件)

- ① Tomoyuki Tange, Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino: “An Analysis Model of Queue Length Fluctuation at Signals Using Vehicle Trajectories”, *Proc. of the 3rd Int. Conf. on Connected Vehicles & Expo (ICCVE'14)*, pp. 577-583 (2014).
- ② 丹下 智之, 廣森 聡仁, 梅津 高明, 山口 弘純, 東野 輝夫: “車両プローブ情報に基づく信号待ち車列丁変動の分析モデル”, 情報処理学会「マルチメディア、分さ、協調とモバイル(DICOMO2015)シンポジウム」, pp.1751-1759 (2014).
- ③ Ryosuke Tanimura, Akihito Hiromori, Takaaki Umedu, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino: “Prediction of Deceleration Amount of Vehicle Speed in Snowy Urban Roads Using Weather Information and Traffic Data”, *Proc. of the 2015 IEEE 18th Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2015)*, pp.2268-2273 (2015).
- ④ Takaaki Umedu: “DTN Based Information Processing Platform for Disaster Situation”, *Proc. of Int. Workshop on Informatics (IWIN2015)*, (2015).
- ⑤ 谷村 亮介, 梅津 高明, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫: “気象および交通データ解析に基づく積雪期における交通速度低下の推定手法”, 情報処理学会 研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会(MBL), (2015).
- ⑥ 丹下 智之, 廣森 聡仁, 梅津 高明, 山口 弘純, 東野 輝夫: “車両プローブ情報及び上流の信号パラメータに基づく信号待ち車列長推定手法の提案”, 2015年度 情報処理学会関西支部 支部大会論文集, (2015).
- ⑦ 丹下 智之, 廣森 聡仁, 梅津 高明, 山口 弘純, 東野 輝夫: “一部の車両軌跡情報および信号パラメータを用いた OD 交通量の推定手法”, 情報処理学会 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ研究会(ITS), (2016).

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

東野 輝夫 (HIGASHINO, Teruo)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：80173144

### (2)研究分担者

梅津 高明 (UMEDU, Takaaki)

滋賀大学・経済学部・准教授

研究者番号：10346174